This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`

Über dieses Buch

Dies ist ein digitales Exemplar eines Buches, das seit Generationen in den Regalen der Bibliotheken aufbewahrt wurde, bevor es von Google im Rahmen eines Projekts, mit dem die Bücher dieser Welt online verfügbar gemacht werden sollen, sorgfältig gescannt wurde.

Das Buch hat das Urheberrecht überdauert und kann nun öffentlich zugänglich gemacht werden. Ein öffentlich zugängliches Buch ist ein Buch, das niemals Urheberrechten unterlag oder bei dem die Schutzfrist des Urheberrechts abgelaufen ist. Ob ein Buch öffentlich zugänglich ist, kann von Land zu Land unterschiedlich sein. Öffentlich zugängliche Bücher sind unser Tor zur Vergangenheit und stellen ein geschichtliches, kulturelles und wissenschaftliches Vermögen dar, das häufig nur schwierig zu entdecken ist.

Gebrauchsspuren, Anmerkungen und andere Randbemerkungen, die im Originalband enthalten sind, finden sich auch in dieser Datei – eine Erinnerung an die lange Reise, die das Buch vom Verleger zu einer Bibliothek und weiter zu Ihnen hinter sich gebracht hat.

Nutzungsrichtlinien

Google ist stolz, mit Bibliotheken in partnerschaftlicher Zusammenarbeit öffentlich zugängliches Material zu digitalisieren und einer breiten Masse zugänglich zu machen. Öffentlich zugängliche Bücher gehören der Öffentlichkeit, und wir sind nur ihre Hüter. Nichtsdestotrotz ist diese Arbeit kostspielig. Um diese Ressource weiterhin zur Verfügung stellen zu können, haben wir Schritte unternommen, um den Missbrauch durch kommerzielle Parteien zu verhindern. Dazu gehören technische Einschränkungen für automatisierte Abfragen.

Wir bitten Sie um Einhaltung folgender Richtlinien:

+ *Nutzung der Dateien zu nichtkommerziellen Zwecken* Wir haben Google Buchsuche für Endanwender konzipiert und möchten, dass Sie diese Dateien nur für persönliche, nichtkommerzielle Zwecke verwenden.

+ *Keine automatisierten Abfragen* Senden Sie keine automatisierten Abfragen irgendwelcher Art an das Google-System. Wenn Sie Recherchen über maschinelle Übersetzung, optische Zeichenerkennung oder andere Bereiche durchführen, in denen der Zugang zu Text in großen Mengen nützlich ist, wenden Sie sich bitte an uns. Wir fördern die Nutzung des öffentlich zugänglichen Materials für diese Zwecke und können Ihnen unter Umständen helfen.

+ *Beibehaltung von Google-Markenelementen* Das "Wasserzeichen" von Google, das Sie in jeder Datei finden, ist wichtig zur Information über dieses Projekt und hilft den Anwendern weiteres Material über Google Buchsuche zu finden. Bitte entfernen Sie das Wasserzeichen nicht.

+ *Bewegen Sie sich innerhalb der Legalität* Unabhängig von Ihrem Verwendungszweck müssen Sie sich Ihrer Verantwortung bewusst sein, sicherzustellen, dass Ihre Nutzung legal ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass ein Buch, das nach unserem Dafürhalten für Nutzer in den USA öffentlich zugänglich ist, auch für Nutzer in anderen Ländern öffentlich zugänglich ist. Ob ein Buch noch dem Urheberrecht unterliegt, ist von Land zu Land verschieden. Wir können keine Beratung leisten, ob eine bestimmte Nutzung eines bestimmten Buches gesetzlich zulässig ist. Gehen Sie nicht davon aus, dass das Erscheinen eines Buchs in Google Buchsuche bedeutet, dass es in jeder Form und überall auf der Welt verwendet werden kann. Eine Urheberrechtsverletzung kann schwerwiegende Folgen haben.

Über Google Buchsuche

Das Ziel von Google besteht darin, die weltweiten Informationen zu organisieren und allgemein nutzbar und zugänglich zu machen. Google Buchsuche hilft Lesern dabei, die Bücher dieser Welt zu entdecken, und unterstützt Autoren und Verleger dabei, neue Zielgruppen zu erreichen. Den gesamten Buchtext können Sie im Internet unter `http://books.google.com` durchsuchen.

HARVARD UNIVERSITY

Library of the
School of Architecture

EISENBAUTEN

IHRE GESCHICHTE UND ÆSTHETIK

VON

DR. ALFRED GOTTHOLD MEYER

PROFESSOR AN DER KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN CHARLOTTENBURG

NACH DES VERFASSERS TODE ZU ENDE GEFÜHRT VON

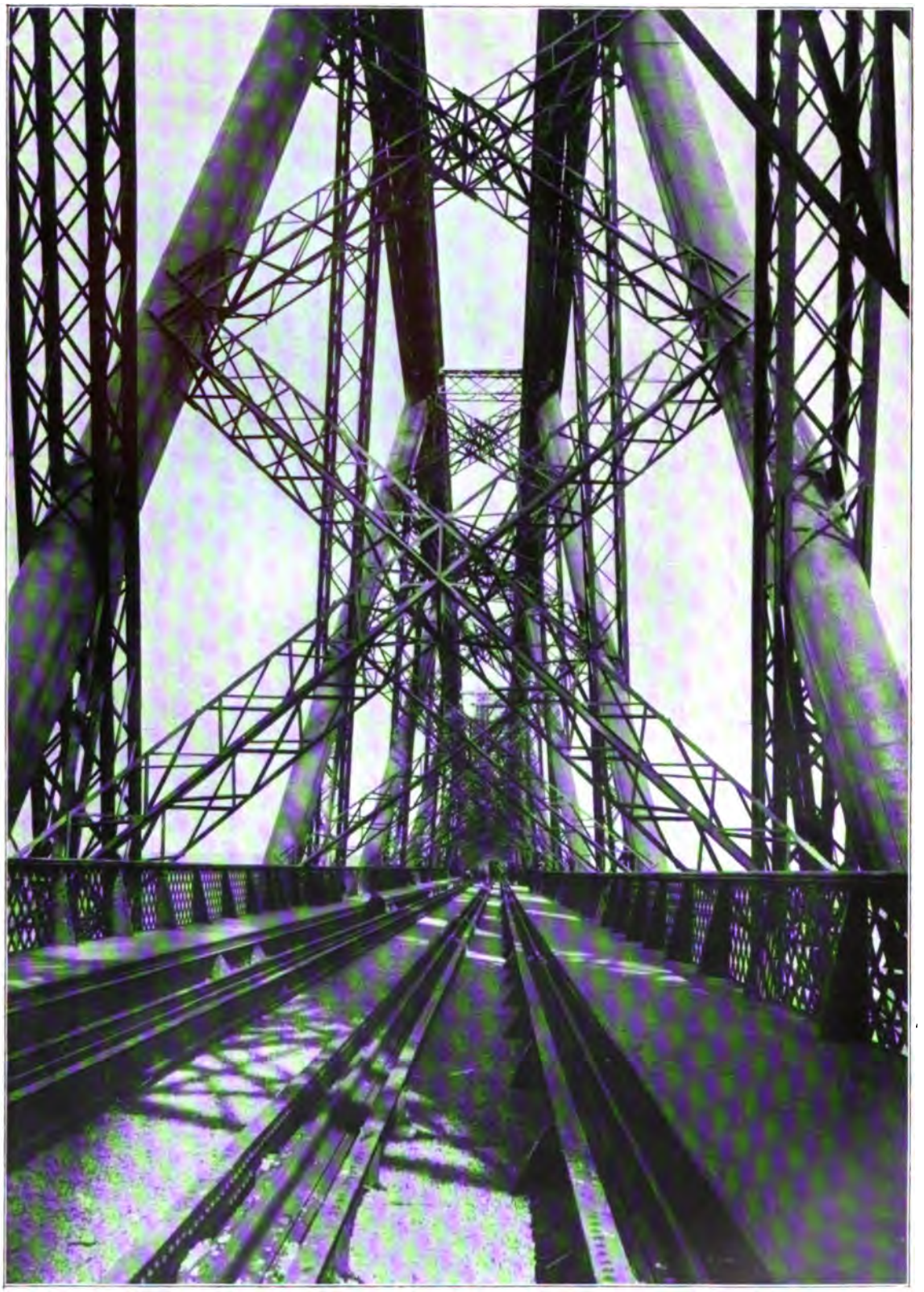
WILHELM FREIHERR VON TETTAU

ESSLINGEN A. N.

PAUL NEFF VERLAG (MAX SCHREIBER)

ALFRED GOTTHOLD MEYER, EISENBAUTEN

Alle Rechte, besonders das der Übersetzung, vorbehalten.



Brücke über den Firth of Forth bei Edinburgh

EISENBAUTEN

IHRE GESCHICHTE UND ÆSTHETIK VON

DR. ALFRED GOTTHOLD MEYER

PROFESSOR AN DER KÖNIGLICHEN TECHNISCHEN HOCHSCHULE IN CHARLOTTENBURG

NACH DES VERFASSERS TODE ZU ENDE GEFÜHRT VON

WILHELM FREIHERR VON TETTAU

Mit einem Geleitwort von Geh. Regierungsrat Professor Dr. JULIUS LESSING

93 ABBILDUNGEN IM TEXT UND 27 TAFELN IN TONÄTZUNG

ESSLINGEN A. N.

PAUL NEFF VERLAG (MAX SCHREIBER)

1907

Revere fund
DEPARTMENT OF ARCHITECTURE
HARVARD UNIVERSITY
July 20, 1938

33124

non constr.
structural
history
Arch, 19th century

NA
415
M75

Druck von F. & W. Mayer, Eßlingen.

ZUR EINFÜHRUNG.

Alfred Gotthold Meyer, der Verfasser dieses Werkes, ist geboren 1. März 1864 und gestorben als Professor an der Kgl. Technischen Hochschule Berlin-Charlottenburg am 18. Dezember 1904, tief betrauert als Mensch und als eine der hoffnungsvollsten Stützen der Wissenschaft.

Meyer war von Beruf Kunsthistoriker; seine bisher veröffentlichten zahlreichen, sehr geschätzten Arbeiten gelten vornehmlich der Kunst der italienischen Renaissance. Meyer hat eine Zeit lang am Kunstgewerbe-Museum gearbeitet und übernahm dann die Professur für die Geschichte des Kunstgewerbes an der Technischen Hochschule. An beiden Stellen, besonders an der letzteren, kam er mit der praktischen Arbeit der Gegenwart in enge Fühlung. Wie wir alle, wurde er mehr und mehr von der Frage bewegt, ob unser Jahrhundert, das neunzehnte, das die Gesamtbildung der Menschheit in so unvergleichlicher Weise zu unbekannten Höhen führte, gerade in dem herrlichsten Gebiete des menschlichen Geistes, in der Kunst, kraftlos tastend ohne selbständige Leistung einhergeschwankt sei. Besonnene Geister haben diese Anschuldigung des Oefteren abgelehnt, aber zumeist hielt man den Abstand von der letzten Bewegung für zu kurz, um in dem vielfach abirrenden Wegesuchen den gemeinsamen Hauptweg festzustellen. Alfred Gotthold Meyer hat es gewagt und hat uns einen der wichtigsten Merksteine für moderne Kulturgeschichte hinterlassen. Das Werk war gross angelegt. Was der Verfasser wollte, sagt sein Vorwort in meisterhafter Weise. Der Gesamttitel sollte lauten: »Das neunzehnte Jahrhundert in der Stilgeschichte.«

Als Motto hatte er hinzugefügt: Nihil simul inventum est et perfectum, principium autem plus quam dimidium totius est (Cicero).

Von den drei großen Teilen sollte der erste und auch wichtigste Teil den Titel führen: »Eisen, seine stilbildenden und stilhemmenden Kräfte.« Dieser Teil war im Wichtigsten vollendet, die Abbildungen bestimmt und zumeist gesammelt, die ersten Bogen bereits im Probedruck. Nach dem plötzlichen Erkranken und frühen Hinscheiden des Verfassers hat Fräulein Frieda Küstermann, die dem verehrten Lehrer eine opferwillige wissenschaftliche Mitarbeiterin war, die noch nicht vollendeten Bogen nach den Entwürfen druckreif gemacht und die Register fertiggestellt.

In dankenswerter Weise trat alsdann Herr Wilhelm Freiherr von Tettau ein, um die abschließenden Kapitel nach der Disposition des Verstorbenen, aber in durchaus selbständiger Arbeit hinzuzufügen.

Das Buch mit dem jetzigen Einzeltitel »Eisenbauten« mag immerhin nur ein Teil eines geplanten grösseren Ganzen sein, aber ein Bruchstück ist es nicht, sondern ein abgeschlossenes Werk von größestem Werte, das für sich selbst zu sprechen berufen ist.

Julius Lessing.

VORWORT.

Ich beginne diese Arbeit in der Zuversicht, dass sie einer Rechtfertigung nicht erst bedarf. Die hergebrachte Anschauung ist ihr freilich entgegen, vor allem die der heutigen Kunstwissenschaft.

Den Rang einer Fachdisciplin erwarb die Kunstbetrachtung erst als ein Teil geschichtlicher Forschung. Jemehr sie sich der Gegenwart nähert, umso lockerer wird das Band, das sie mit der anerkannten Wissenschaft verknüpft. Der Historiker seiner eigenen Zeit hat leichteres Rüstzeug als der einer fernen Vergangenheit, und seine Arbeit entbehrt jenes feinen Reizes, den das Schürfen nach versunkenen Schätzen birgt.

Sie entbehrt aber noch weit mehr. Nicht nur das zünftige Recht wird ihr bestritten, sondern auch der bleibende Wert. Auch dieser scheint erst bei größerem zeitlichen Abstand zu beginnen. Man überblickt den Strom nicht, in dem man schwimmt.

Allein dieses Gleichnis gilt doch nur für den, der seine Zeit im Auf und Nieder ihrer Wellenbewegung selbst zu erfassen sucht. Ich aber setze mir ein völlig anderes Ziel. Nicht die »Stilgeschichte des neunzehnten Jahrhunderts« ist mein Thema, sondern das neunzehnte Jahrhundert in der Stilgeschichte.

Von vorn herein verzichtet also diese Arbeit darauf, den »Stil« des neunzehnten Jahrhunderts«, das wir doch wohl noch das unsere nennen dürfen, zu bestimmen. Ihr Titel sagt nicht einmal aus, dass dieses Jahrhundert überhaupt einen »Stil« hat; er umfasst vielmehr ebenso die stilhemmenden Kräfte, wie die stilbildenden.

In welchem Verhältnis aber stehen beide zu einander und zu denen der Vergangenheit?

Diese Frage selbst weist aus den Niederungen, in denen das Tagesurteil herrscht, zum Gipfel geschichtlicher Betrachtung empor, und ihre Beantwortung verlangt auch dort nicht die Arbeit des Topographen, der verzeichnet, was »ist«, sondern die des Geologen, der zu erklären sucht, wie es »wurde« und »wird«.

Stilbildende Kräfte sind zunächst persönlich die einzelnen Meister. In ihnen aber wirken die geistigen und materiellen Lebenskräfte ihres ganzen Zeitalters. Erst dieser Zusammenhang bestimmt die Erscheinungsformen künstlerischen Schaffens, die der geschichtliche Begriff des »Stiles« umfasst.

Es giebt Zeiten, die das Beste, was sie überhaupt zu sagen haben, restlos in ihrer Kunst aussprechen, wo in allen künstlerischen Aeußerungen ein starker gemeinsamer »Formenwille« herrscht. Das sind die grossen welthistorischen Stilepochen.

Zwischen sie aber schieben sich andere, zahlreichere, deren wesentlichste Arbeit überhaupt anderen Gebieten zugewandt ist, als denen der Kunst.

Zu ihnen zählt das neunzehnte Jahrhundert.

In der Kultur der Menschheit bedeutet es eine ungeheuere Wandlung. Reicher und mächtiger als je zuvor erweitert die Naturwissenschaft ihr Reich, und ihr Bündnis mit der Technik führt sie in unvergleichlichem Siegeslauf einem der Vorzeit traumhaft fernen Ziel entgegen: Der Herrschaft über die Natur.

Wir gebieten neuen Arbeitskräften, und diese brachten neue Arbeitsteilung; wir verfügen über neue Stoffe, und sie eröffneten neue Arbeitswege. Die Grenzen des Erreichbaren sind hinausgeschoben in bisher unbekannte Welten. Der Boden selbst, auf dem der Menschengeist seit Jahrtausenden sein Gebäude errichtet hat, erzittert unter seinen Werken und scheint eine neue Statik zu fordern mit neuer Wertung von Raum und Zeit.

Unsere Lebensformen nutzen diese Wandlung in jedem Augenblick, und alles, was wir schaffen, ist von ihr getragen. Auch unsere Kunstformen. Aber wir empfinden, dass diese noch sehr unwichtige und unvollkommene Gefäße des neuen Kulturgehaltes sind. Ihre deutlichste Veränderung ist zunächst nur ein materielles Ergebnis materieller Bedingungen; die Entwicklung eines »Stiles« kann dadurch ebenso gehemmt wie gefördert werden. Denn diese ist zuletzt nur von psychologischen Bedingungen abhängig, und alle anderen gehören zu jenen »äußeren« Umständen, von denen Buffon in seinem berühmten Satze sagt: »ces choses sont hors de l'homme; le style c'est l'homme même.«

Der moderne Mensch aber steht mitten im Wirbelstrom einander widerstreitender Kräfte. Er ist herausgeschleudert aus den ruhigen Geleisen, in denen das Dasein seiner Ahnen verlief. Von allen Seiten dringt das »Neue« auf ihn ein, betäubend und doch auch wieder anregend, mit einer Gewalt, der Herr zu werden er selbst neuer Nerven zu bedürfen scheint. Kann diese Menschheit der Gegenwart einen eigenen »Stil« schaffen, sie, die selbst so gänzlich »stillos« ist ohne einheitliche Bildung, ohne einheitliche Lebensform?

Allein nicht um »uns« handelt es sich hier. Im Vergleich mit den Perioden der Stilgeschichte bleiben die Jahre, die der Mensch »sein Zeitalter« nennt, ein Quentchen. Und die Verbesserung, auf die wir mit dem Rechte aller unserer Vorfahren hoffen, mag in einem stärkeren Geschlecht bestehen, das sich den ihnen von uns überkommenen Lebensbedingungen mit kraftvolleren Organen anpaßt, das zur inneren Ruhe gelangt ist, und die neue Welt, die wir noch kaum in unsere Vorstellung aufzunehmen wissen, in stolzer Selbstherrlichkeit auch mit seinem Formwillen meistert.

Wie werden diesem die Kunstformen des neunzehnten Jahrhunderts erscheinen? Wird auch dieses künstlerisch glücklicher begabte Geschlecht der Zukunft in ihnen lediglich ein unfruchtbares Chaos sehen, oder aber ein Nebeneinander verschieden wirkender Fermente, denen vergleichbar, die im engen Bezirk der Zelle die Umsetzungen bedingen und dadurch das Leben schaffen? Die prophetische Gabe der Geschichte beruht auf dem Vergleich der Gegenwart mit der Vergangenheit. Das sei auch der Weg, auf dem diese Arbeit die Beantwortung dieser Schicksalsfrage versucht. Dabei ist es aber dann erlaubt, die Macht des »Formenwillens« zeitweilig ganz auszuschalten.

»Fermente« sind Gärungserreger, welche die Zersetzung verhältnismäßig großer Mengen anderer organischer Substanzen bewirken oder beschleunigen. Die Fermente, welche die Stellung des neunzehnten Jahrhunderts in der Stilgeschichte bedingen, sind die Errungenschaften der modernen Technik. Sie also treten in den Vordergrund. Ihre wichtigsten Wirkungen lassen sich unter drei große Stoffkreise vereinen:

1. Eisen
2. Maschinenkunst
3. Licht- und Feuerkunst.

Das sind die mächtigsten Kräfte, welche die Gegenwart stilistisch beeinflussen, und mit denen, so weit wir heute blicken können, auch die Zukunft zu rechnen haben wird.

Jene »anderen organischen Substanzen« aber, an denen die Fermente ihre zersetzende Kraft zeigen, sind die historisch überlieferten Stilformen.

Diesen Zersetzungsprozeß erleben wir selbst. Er vollzieht sich in unseren Tagen. Menschenalter hindurch suchte das neunzehnte Jahrhundert sich über den Mangel an eigenem Formenwillen dadurch fortzutäuschen, daß es sich den aller früheren Stilperioden zu eigen machte. Doch schon dabei gab es seine weltgeschichtliche Eigenart keineswegs auf: auch dieser Eklekticismus in der Kunst des neunzenten Jahrhunderts war vielmehr eine Folge der Lebensbedingungen, welche der geistige und materielle Fortschritt unserer ganzen Kultur brachte. Sie riß die Schranken nieder zwischen den Ländern; sie wirft uns täglich, stündlich die Früchte vom Baum der ganzen Menschheit in den Schoß: sie gibt uns auch ein neues Verhältnis zur Vergangenheit. Keinem früheren Geschlecht standen solche Mittel zu Gebote, alle Pforten der Jahrtausende zu sprengen; keines vermochte die Kunstdenkmäler aller Zeiten und Länder in gleicher Vollständigkeit zu überschauen und zu täglichem Anblick sich nahe zu rücken. Daß das neunzehnte Jahrhundert dieses herrliche Erbe der gesamten Vorzeit verwertete, war fast eine historische Notwendigkeit.

Aber diese Fülle ward zunächst zum Verhängnis. Noch irrt unsere Kunst dazwischen hin und her, heut hier, morgen dort magnetisch angezogen. Und dazu kommt jetzt, stärker und stärker fühlbar, jene beunruhigende Kraft der neuen, durch neue Technik bedingten Formen. Begreiflich, daß da ein Augenblick eintritt, in dem alles Heil nur in der entschlossensten Abwendung von jeder historischen Tradition gesucht wird. Allein auch dies kann nur ein Übergangsstadium sein. Wohl stehen wir der Vorzeit ganz anders gegenüber, als frühere Stilperioden der ihren.

Diese hatten jeweilig nur mit ihrer unmittelbaren Vorgängerin oder einer bestimmten weit zurückliegenden Epoche abzurechnen, und das musste dann nach dem in aller Entwickelung herrschenden Gesetz des Contrastbedürfnisses scheinbar die vollständige Unterdrückung des früheren »Stils« ergeben. Aber auch diese erfolgte tatsächlich weder plötzlich noch dauernd. Die verdrängten Formen lebten vielmehr lange Zeit neben den neuen fort und erhielten dabei allmählig selbst eine neue Prägung.

Und wir, die wir hundert Jahre lang mit heissem Bemühen unserem eigenen Formensinn zu folgen glaubten, wenn wir nacheinander die Kunstsprachen aller

früheren Stile erlernten und sie jetzt in der Tat zu reden verstehen, können und wollen noch viel weniger, als frühere Zeiten, dieser fortwirkenden Macht der erprobten Formen dauernd widerstreben.

Einen neuen »Stil« — das erkennen wir jetzt — vermag uns dieses Studium nicht zu bringen, wohl aber die Erziehung zum »Stil« überhaupt. Unser Formenwille selbst ist daran erstarkt. Und er erprobte seine eigene Kraft am frühesten vielleicht gerade an diesen historischen Kunstformen selbst. Denn diese werden nicht mehr nachgeahmt, sondern nachgeschaffen und — umgeschaffen. Sie gehen neue Verbindungen ein und dienen neuen Zwecken. Eine »Stilkunst« ist im Werden, die mit den historischen Kunstformen kaum noch anders schaltet als mit solchen, die sie frei »erfindet«; sie löst sie aus ihrer zeitlichen Bedingtheit heraus — und verwertet sie nebeneinander als zeitlose Träger künstlerischer Stimmungen und Gedanken.

Auch da vermag nur kurzsichtige Tagesmeinung von einer überwundenen Stilhemmung zu reden; für den Historiker zählt auch diese »*Geschichtliche Stilkunst*« des neunzehnten Jahrhunderts, die scheinbar schlimmste Feindin seines »Stiles«, zu seinen stilbildenden Kräften. —

Allein wenn wir noch keinen eigenen Stil haben, wenn wir auf die Macht des Formenwillens erst in ferner Zukunft hoffen dürfen: auf welchem Wege werden denn diese neuen Errungenschaften unserer Kultur im Haushalt der Kunst zu einem ertragreichen Besitz? — Vielleicht genügt die bescheidene Antwort: durch die »Formengewöhnung!«

In allen den Irrungen und Wirrungen, mit denen uns die Kunst unserer Tage in der hastenden Geschäftigkeit ihrer Originalitätssucht umgiebt, kehren gewisse Erscheinungen immer von neuem wieder, und unter ihnen sind viele »neue« Werte und »Umwertungen«. Sie sind so häufig, dass wir sie in ihrer Vereinzelung kaum noch als neu empfinden. Wir haben uns schon jetzt an sie »gewöhnt«. Wenn wir sie jedoch mit der Vergangenheit und untereinander vergleichen, so schliessen sie sich der Ueberlieferung gegenüber zu einheitlichen Gegenbildern zusammen, aus denen mehr oder minder deutlich ein völlig neuer Geist spricht. Diesen gilt es, zu erfassen und zu schildern.

Das ist dann im Sinne der Kunstgeschichte auch wohl ein Ersatz für den noch fehlenden »Stil«.

Charlottenburg. Alfred Gotthold Meyer.

INHALTS-ÜBERSICHT.

Seite

Zur Einführung.
Vorwort.
Einleitung . . . . . 1—6

Erstes Buch. GRUNDLAGEN.

I. Der neue Baustoff . . . . . 9—28
II. Rechnen und Bauen . . . . . 29—49
1. Statische Theorien . . . . . 36—40
2. Graphische Darstellungsmethoden . . . . . 40—49

Zweites Buch. GROSSKONSTRUKTIONEN.

I. Der neue Raumwert. Der Kristallpalast in London . . . . 53—68
1. Grundbegriffe. Vorgeschichte. Baubeschreibung . . . . . 53—63
2. Der Hellraum . . . . . 64—66
3. Das Hohlgerüst . . . . . 66—68
II. Neue Weite. Die Maschinenhalle der Pariser Welt-Ausstellung 1889 . . . . . 69—79
III. Neue Höhe. Der Eiffelturm . . . . . 81—94
IV. Neue Linien. Brücken . . . . . 95—108

Drittes Buch. ANFÄNGE EINER EISEN-ARCHITEKTUR.

I. Typische Beispiele aus der Baugeschichte . . . . . 111—138
1. Die künstlerischen Eisenbauten und die historische Stilkunst . . 111—120
2. Eisen-Glas-Hallen . . . . . 120—138
A. Längshallen 120—125.
B. Zentralhallen (1. Kuppel; 2. Zelt; 3. Glocke) 125—134.
C. Hallen-Komplexe 134—138.
II. Verbindung des Eisens mit anderen Baustoffen . . . . . 139—155
1. Eisen und Stein . . . . . 139—148
2. Eisen und Zement . . . . . 148—149
3. Eisen und Glas . . . . . 149—153
4. Eisen und Terracotta . . . . . 153—155

Viertes Buch. KUNSTFORMEN.

	Seite
I. Die Æsthetik des Gußeisens	159—170
1. Beispiele historischer Auffassung	160—165
2. Die modernen Aufgaben des Gußeisens und neuere stilistische Versuche	165—170
II. Die Æsthetik des Walzeisens	171—182
1. Stab- und Façoneisen	171—172
2. Zusammengesetzte Konstruktionen	172—180
3. Das Wellblech	181—182
III. Der Rostschutz als stilistisches Moment	183
Gesamtergebnis	184
Namen- und Ortsverzeichnis	185—188
Verzeichnis der Abbildungen	189—191
1. Im Text	189—190
2. Tafeln	190—191

EINLEITUNG.

„Was hier verhandelt wird, ist eine Laienangelegenheit."
Robert Vischer. — »*Rubens*«.

An der Spitze der stilbildenden und stilhemmenden Mächte des 19. Jahrhunderts steht seine Technik. Ihr geistiger Träger ist die Wissenschaft, ihr Ziel die Ausnutzung der Naturkräfte. In der unübersehbaren Mannigfaltigkeit der stofflichen Mittel aber, die der Geist zur Erreichung dieses Zieles verwendet, ist ein bestimmter der Natur abgerungener Stoff der wichtigste: das *Eisen.*

Es ward im 19. Jahrhundert auch zu einem unentbehrlichen Baumaterial und trat dadurch vor allen anderen Stoffen moderner Technik in den unmittelbaren Wirkungskreis des »Stiles«. So entspricht es den im Vorwort aufgestellten Problemen, dieses Buch dem Eisenbau zu widmen.

Das heißt dann freilich an den Beginn einer Stilbetrachtung ein Material stellen. Aber ich bekenne mich damit keineswegs zur Ansicht der »Materiellen«, es sei »die architektonische Formenwelt ausschließlich aus stofflich-konstruktiven Bedingungen hervorgegangen und ließe sich nur aus diesen weiter entwickeln«.

Um welche gegebenen Tatsachen handelt es sich?

Erstens: Das Eisen hat in der Bautätigkeit des 19. Jahrhunderts eine so wesentliche, in schnellster Steigerung begriffene Bedeutung gewonnen, daß es, im Verhältnis zu seiner Rolle in der gesamten früheren Architektur tatsächlich als ein neuer Baustoff anzusehen ist.

Schon dies allein ist geschichtlich ohne Analogie. Wohl zeigt die antike Architektur einen Übergang vom Holz zum Stein; wohl entwickelt der gebrannte Ziegel dem Stein gegenüber eine selbständige, stilbildende Kraft, und noch stärker wohnt diese dem Holze inne, mag es sich als Fachwerk dem Stein gesellen oder vollends für sich allein sprechen. Aber alle diese Baustoffe dürfen für die hier maßgebenden Gesichtspunkte als gleichaltrig gelten; die Vorherrschaft des einen oder des andern ist nicht zeitlich bedingt, sie richtet sich lediglich nach seinem natürlichen Vorkommen in den einzelnen Ländern und Landschaften. Diese Materialien gliedern die Baugeschichte nur örtlich, und in der Entwicklung der Baukunst stehen sie nebeneinander. Das Eisen dagegen ist erst durch die Bautätigkeit des 19. Jahrhunderts zu einem entscheidenden Faktor geworden und hat sich schon während zweier Menschenalter für eine Reihe von Aufgaben, die größtenteils überhaupt erst von der Kultur des 19. Jahrhunderts geschaffen worden sind, insbesondere bei den Bahnhöfen, Fabrikanlagen und Ausstellungshallen, in allen Kulturländern als unersetzlicher Baustoff eingebürgert.

Zweitens: Das 19. Jahrhundert machte die »Statik« zu einer Wissenschaft; dem »Bauen« trat als neuer zuverlässigster Weg, die zweckmäßigste Konstruktion zu finden, das »Rechnen« zur Seite. Am wirksamsten mußte dies naturgemäß bei dem rationellsten aller Baustoffe werden, der diesen theoretischen Forderungen am besten entsprechen kann. In der Tat haben sich die statischen Theorien im Bauwesen vor allem an und mit dem Eisenbau entwickelt. So gipfelt in diesem das baulich-konstruktive Können des 19. Jahrhunderts überhaupt.

Für die allgemeine Geschichte sind diese Tatsachen wichtig, denn Geschichte ist Summe allen Geschehens. Diese neuen Summanden zu bestimmen und ihr Ergebnis historisch zu berechnen, ist in jedem Falle erwünscht, gleichviel unter welcher Spezies geschichtlicher Betrachtung es geschieht.

Am unmittelbarsten bietet sich hierbei der rein technische Gesichtspunkt dar; unter ihm würde dieses Buch zu einer »Geschichte des Eisenbaues für Ingenieure«. Solcher Aufgabe aber steht es fern. Es wendet sich überhaupt nicht an die Kreise derer, von deren Werken es handelt. Nicht ein Beitrag zur Geschichte der Technik soll hier geboten werden, auch nicht nur ein solcher zur Geschichte der Konstruktion, sondern ein Beitrag zur Stilgeschichte. Es gilt, Bauwerke, die in einem neuen Baustoff, mit teilweise neuen konstruktiven Mitteln und nach neuen Methoden für früher teilweise unbekannte Zwecke geschaffen sind, in die Geschichte der Baustile einzuführen.

Ist dies berechtigt?

Die Antwort darauf muß zuletzt das Buch selbst geben.

Aber seine Voraussetzung ist allgemeiner Natur, sie betrifft Fragen grundsätzlicher Art, deren Entscheidung von jeher strittig war.

Wann wird das Bauen zur Kunst, die Konstruktion zur Architektur?

Jede Kunstphilosophie stellt diese Frage, und fast jede beantwortet sie anders, je nach den logischen Sachwerten, die sie den in ihr enthaltenen Nennwerten gibt. Ästhetisch öffnet sich hier das gleiche, unentschiedene Grundproblem, das Hegel veranlaßte, die Baukunst erst bei einem »symbolischen« Zweck beginnen zu lassen, und Eduard von Hartmann dazu führte, die gesamte Architektur aus der Reihe der Künste überhaupt herauszuweisen.

Solchen rein begrifflichen Ausführungen der Kunstphilosophie bleibt das Ziel dieses Buches ebenso fern wie den Gesichtspunkten technischer Lehrbücher: sein Boden ist der der geschichtlichen Betrachtung.

Jedoch gerade der Geschichtsforscher wird bei diesen für alle Zeiten geltenden Problemen durch den Eisenbau des 19. Jahrhunderts vor eine neue Erscheinung gestellt.

Sie hat eine persönliche und eine sachliche Seite, von denen sich jene mittelbar mit der Künstlergeschichte, diese unmittelbar mit der Stilgeschichte berührt. Die Worte: »Konstruktion« und »Architektur«, früher sehr dehnbare begriffliche Gattungsnamen, bezeichnen im 19. Jahrhundert zwei getrennte Arbeitsgebiete: von den »Architekten« sonderten sich als eigener Stand die »Bauingenieure«.

Das begann am Ende des 18. Jahrhunderts in Frankreich. Damals bürgerte sich dort für die Offiziere der Befestigungs- und Belagerungskunst die Bezeichnung »ingénieur« ein und ward 1791 durch die Brücken- und Straßenbauabteilung der

französischen Armee, durch den »corps des ingénieurs des ponts et chaussées«, allgemein, freilich auch sehr rasch wieder ins unbestimmte verallgemeinert.

Und zu derselben Zeit, in demselben Land begann der Gegensatz zwischen »Konstruktion« und »Architektur« sich bewußt und bald in persönlicher Schärfe zu äußern. Die gesamte Vergangenheit kannte ihn nicht. Selbst in den theoretischen »Baulehren« von Vitruv bis zu Palladio wird der Brückenbau gleichwertig neben dem Monumentalbau behandelt, und über den Ruhm der Architekten entschied sowohl die konstruktive wie die künstlerische Leistung.

In den ungemein zahlreichen kunsttheoretischen Erörterungen aber, welche die französische Kunst nach den Stürmen der Revolution wieder in geregelte Bahnen zurückbegleiteten, und insbesondere bei den Reformvorschlägen für die Pariser Académie d'Architecture traten die »constructeurs« den »décorateurs« gegenüber, und sofort zeigte sich die weitere Frage, ob dann nicht auch die »ingénieurs«, als ihre Verbündeten, sozial ein eigenes Lager mit ihnen beziehen müßten, das heißt, ob nicht auch sie verwaltungsgemäß den »sections des Beaux Arts« einzugliedern wären[1].

Schon damals spielten bei diesem Kampf die ersten, nicht immer geglückten Eisenkonstruktionen eine wesentliche Rolle.

Seitdem ist der »Stand« der Bauingenieure nicht nur amtlich und gesellschaftlich anerkannt, sondern er ward zu einem Vertreter der mächtigsten Errungenschaften unserer Zeit. Die Schulung für ihn und die Facharbeit in ihm gilt als ein selbständiger Beruf, der den ganzen Menschen fordert und den man glänzend beherrschen kann, ohne sich dem der Architekten auch nur zu nähern. Und was so zunächst nur äußerlich durch die Entwicklung des praktischen Lebens entstanden ist, wird bisher gerade von den zunächst Beteiligten sehr häufig nicht nur als eine gegebene Tatsache bezeichnet, sondern als eine innerlich berechtigte und erwünschte. Darin stimmen weitaus die meisten Architekten und Ingenieure, die zu dieser Frage bisher überhaupt Stellung nahmen, völlig überein. Männer, deren künstlerisches Gewissen besonders fein empfand, haben vom Altar der Kunst aus auf die Bauingenieure Fluch auf Fluch geschleudert. Es genüge an Ruskin zu erinnern. Und die Mehrzahl der also Befehdeten wird heute höchstens mit einem Lächeln antworten, denn die Berücksichtigung künstlerischer Ansprüche dünkt ihnen im Vergleich mit dem statisch Notwendigen und dem wirtschaftlich Vorteilhaften ebenso unwichtig wie dem Geschützbauer die wohlgefällige Form des Kanonenrohres oder dem Luftschiffer die seiner Gondel. Ja, sie sehen darin in jedem Sinn eine Gefahr. Der Fachmann, der bei seinem Eisenbau künstlerischen Gesichtspunkten folgt, muß heute gewärtigen, unter seinen Genossen als Idealist zu gelten, der gerade die nächsten Ziele seines Standes verkennt. Was er diesem der Kunst gegenüber vielleicht gewinnt, scheint er ihm der — Wissenschaft gegenüber wieder zu nehmen, und diese ist heute die von allen Kreisen der Technik am meisten umworbene Macht.

Allein schon jetzt fehlt auch der Widerspruch nicht ganz, und er erhebt sich aus beiden Lagern. Die erste geschichtlich angeordnete Übersicht über die »architektonische Konstruktion des Eisenhochbaus«, das hervorragende Werk des belgischen Bauingenieurs *Arthur Vierendeel*[2], räumt der »Esthétique des constructions métalliques«

[1] Vergl. Benoit, L'art français sous la révolution et l'empire. Paris 1897. S. 22 ff.

[2] La construction architecturale en fer fonte et acier. Louvain 1900. Text und Tafeln.

einen breiten Raum ein und wiederholt in den mannigfachsten Formen und Anwendungen die Forderung, daß Technik und Rechnung sich in den Dienst der Kunst zu stellen haben: »le rationel qui n'est pas beau, n'est pas le rationel complet«[1]. Und was hier ein weitblickender Techniker verlangt, hat schon vorher ein Künstler temperamentvoll verkündet, auch er ein Belgier, dessen Name heute an der Spitze des »modernen« Stiles selbst steht: *Van de Velde.* »Es gibt« — so schreibt er — »eine Klasse von Menschen, denen wir den Künstlertitel nicht länger werden vorenthalten können. Diese ‚Künstler', die Schöpfer der neuen Architektur, sind — die Ingenieure.« — »In Zukunft wird der wesentlichste Bestandteil der Konstruktion das Metall sein: Konstruktionen, die von der Berechnung und der Abstraktion ins Leben gerufen sind, und deren Schönheit aus dem Wunsche geboren sein wird, sie schön zu machen.«

Das mag im Übereifer über das Ziel hinausschießen: keinesfalls schließt selbst die Sonderarbeit des Ingenieurs ihrem Wesen oder ihrer Form nach die Möglichkeit aus, mit glänzender Befähigung zur wissenschaftlichen und technischen Seite seines Berufes künstlerischen Sinn zu vereinen. Selbst im rein konstruktiven Eisenbau ist im letzten Jahrzehnt die Absicht, wohlgefällige Linien zu zeigen, unverkennbar und insbesondere im deutschen Brückenbau gerade bei den statisch vollkommensten Werken oft sehr glücklich erreicht. Schon heute ist ferner die Zahl der Monumentalbauten, bei denen sich Architekten und Ingenieure zu gemeinsamer Arbeit verbanden, nicht unbeträchtlich, und darunter befinden sich mehrere Hauptwerke der modernen Baukunst.

Aber das bedeutet bis jetzt allerdings nur eine gelegentliche Vereinigung sonst völlig geschiedener Wege: Architekten und Ingenieure marschieren — das ist unleugbar — heute ganz getrennt. Und doch haben sie ein gemeinsames Ziel: den Sieg über die Materie. Sie setzen dafür verschiedene Kräfte ein — hier mehr die des Verstandes, dort mehr die der Phantasie —, allein es bleibt das Recht des Historikers, eine solche Arbeitsteilung bei einer Übersicht über die gesamte Arbeitsleistung gelegentlich in den Hintergrund treten zu lassen. Wer dereinst die »Baugeschichte« des 19. Jahrhunderts schreibt, wird, wenn anders er ein vollständiges und richtiges historisches Bild entwerfen will, den »Ingenieurhochbauten« einen Hauptteil widmen müssen.

Hier aber handelt es sich nicht um »Baugeschichte«, sondern allgemeingültig um die stilbildenden und stilhemmenden Eigenheiten des Eisenbaues. Dabei ist die subjektive Seite der Frage — Stand, Absicht, Formenwille der schaffenden Persönlichkeiten — überhaupt nicht maßgebend; was hier entscheidet, bleibt der Sonderbegabung entzogen: es liegt im Wesen der beim Eisenbau selbst zusammenwirkenden Kräfte. Unter diesen ist die neue und zugleich wichtigste das statische Rechnen. Dadurch wird jener Abstand zwischen Konstruktion und Architektur zu einer scheinbar unüberbrückbaren Kluft erweitert. Denn »Rechnen« ist reine Verstandestätigkeit. Das »Ja« und »Nein« der Zahlen ist unerbittlich. So unumschränkt herrscht es im Reich der Notwendigkeit, daß alle Bewegungsfreiheit sich ihm fügen muß. Es ist, als gehe von den Zahlenoperationen selbst ein kalter Hauch aus, der alles

[1] Vierendeel hat sehr merkwürdige Träger konstruiert, ohne Diagonale, die aber von keiner Seite anerkannt worden sind.

Leben von vornherein erstickt. Und die heutigen Eisenbauten *sind* doch tatsächlich in erster Reihe Ergebnisse zahlenmäßiger Berechnungen, sie müssen es sein. Ja, sie tragen diese Entstehung sinnfällig zur Schau. Die Eisengerüste, die mit ihren Pfosten, Streben, Trägern so hart und grau aufragen — scheinen sie nicht gleichsam nur die Verkörperung des abstrakt als notwendig Erkannten, ein neues Zwischenreich, das der Mensch zwischen die lebendige Natur, die ihn rings umgibt, und die Gedankenwelt seines Gehirnes stellt?

Allein selbst dafür gilt doch zum mindesten der im Vorwort gekennzeichnete »objektive« Sinn der stilbildenden Kraft, die — in ihrem Anfangsstadium — mit Ausschluß alles Formenwillens nur als *Formengewöhnung* auftritt.

Die Stilgeschichte hat auch diese von jeher beachtet. Es gibt kaum eine Schilderung der antik-römischen Baukunst und der Gotik, die nicht die Formen und die Bedeutung der Gewölbekonstruktionen erörtert. Selbst die spekulative Ästhetik erkennt diesen Weg stilbildender Kraft an. Er führt für sie freilich nur bis zur Schwelle der eigentlichen »Architektur«, wo »nur die allgemeinsten struktiven Verhältnisse und Gesetze« herrschen, wo »das Material noch keine andere Durchbildung vom Geist in sich aufnehmen kann, als eine zugleich an statische Bedingungen geknüpfte geometrische: die der abstrakten Linie, wie sie den Umriß der im Raum sich ausdehnenden Masse beschreibt«[1]. Das bilde noch keine »ästhetische Sprache«!

Sei es drum! Man wende auf diese statisch berechneten Eisenkonstruktionen das Wort »Ästhetik« nur im unmittelbaren Sinn als »Aisthesis« an, man frage nur, wie sie auf unsere sinnliche Wahrnehmung »wirken«! Die allgemeine Macht, die Stärke dieser Wirkung ist unbestreitbar. Sie spricht zu uns und in uns in jeder größeren Bahnhofs- und Ausstellungshalle, vor jeder größeren Eisenbrücke, in modernen Großstädten fast auf Schritt und Tritt. Welcher Art ist nun diese Wirkung? Ist sie noch unendlich verschieden wie das Einzelempfinden des Individuums, oder gewinnt sie schon eine Einheitlichkeit? Und weiter: beruht dieses »Gemeinsame« auf Wahrnehmungen, die sich von der ungeheuren Fülle des Überlieferten durch neue Eigenart unterscheiden; läßt sich dieselbe nach den Begriffsbestimmungen der bisherigen Architektur bereits fest umgrenzen, und verspricht sie jene selbsttätige Entwicklung, auf der das Eigenleben jedes »Stils« beruht?

Architektur ist Raumgestaltung; die Stein- und Holzarchitektur schuf eine Reihe typischer Raumwerte: wie verhalten sich zu ihnen die Räume, die das Eisen bietet? Wie stellt sich in ihnen das Verhältnis von Masse und Öffnung, von Fläche und Linie, von Licht und Schatten, von Stütze und Last? Die Statik des Eisenbaues rechnet mit anderen Größen als die bisherige Architektur: was bedeutet diese neue Weite und neue Höhe für die Gesamtentwicklung des Bauwerkes? Die Technik der Steinarchitektur ist: Stereotomie, die des Holzes: Tektonik. Was hat der Eisenbau mit dieser und mit jener gemeinsam?

Dabei ist naturgemäß von den Grundlagen auszugehen, die das Eisen als »neuer Baustoff« und das Rechnen als »neue Baumethode« allgemeingültig bieten. Die Antwort auf jene einzelnen Hauptfragen aber vermag der Historiker nur durch den Vergleich zu geben, und es empfiehlt sich, diesen nicht in abstrakten Erörterungen

[1] F. Th. Vischer, Ästhetik. III (Kunstlehre) Abschn. I, § 554, S. 182. (Reutlingen und Leipzig 1851).

zu führen, sondern jeweilig an bestimmte typische Beispiele anzuknüpfen. Der erste Hauptteil dieses Buches beschäftigt sich daher mit einigen epochemachenden Großkonstruktionen des Eisenbaues. Erst der zweite Hauptteil sucht ihn auf den Bahnen der Architektur, in der ein mehr oder minder starker Formenwille die Führung übernahm und zur Kernform die Kunstform fügte.

Die stilbildenden und stilhemmenden Kräfte, die der Eisenbau der Zukunft entgegenträgt, fließen aus beiden Quellen. Noch ist die stärkere die Formengewöhnung. Allein das ist eine durchaus natürliche Erscheinung, die gerade die Gesundheit des ganzen Entwicklungsprozesses verbürgt. Er beruht bisher fast ausschließlich auf dem Streben nach rationeller Konstruktion, und gerade dadurch hat er den Eisenbauten der Gegenwart jene innere Wahrheit verliehen, die, wie für alles natürliche, so auch für alles künstlerische Leben Voraussetzung ist. Und regt sich in diesen Bauten nicht eine schon jetzt stilistisch »werbende« Kraft, deren Einfluß auf Gebieten dekorativen und ornamentalen Schaffens erkennbar ist? Verkörpern sie nicht schließlich einen wesentlichen Teil des Zeitgeistes auch im Sinne psychologischer Betrachtung?

Anatole France sagt einmal, ein einziger schöner Vers habe der Welt mehr »Glück« gebracht, als alle Meisterwerke der Metallurgie. Solche Klage ist das Recht des Dichters und Skeptikers. Erfüllt uns denn aber die sichere Sachlichkeit, mit der Geist und Technik in diesen Eisenwerken ihr Ziel auf kürzestem Wege mit konzentrierter Kraft zu erreichen wissen, nicht ebenfalls mit einem stolzen Lebensgefühl, und ist für dieses auf dem gleichen Wege nicht auch ein künstlerischer Ausdruck zu erhoffen?

Das die Probleme, deren Lösung dieses Buch beginnen will. Freilich rückt es dabei die am Maßstab der Vergangenheit gemessene Leistung der Gegenwart an die Schwelle der noch im Dämmerlicht liegenden Zukunft.

ERSTES BUCH.

GRUNDLAGEN.

I.

DER NEUE BAUSTOFF.

«Die Reibung mit der strengen Ausschließlichkeit des Materials schlägt im Geiste des echten Arbeiters die Funken neuer Motive hervor.»

Friedr. Theod. Vischer.

Ein Steinbruch. Der Erde Kernbau liegt zu Tage. Mächtige Blöcke werden ihm abgerungen, abgesprengt: schwerfällig sinken sie herab. Der Hammerschlag trifft nur ihre Ränder und Außenflächen; die Hauptmasse scheint unzerstörbar; ihr Wesen bleibt Schwere. Wir sehen und empfinden ihre Kraft als die der Natur selbst. »In der Nähe des Gesteines« — sagt Goethe — »komme ich mir vor wie Antäus, der sich immer neu gestärkt fühlt, je kräftiger man ihn mit seiner Mutter Erde in Berührung bringt.«

Ein Eisenhüttenwerk. Seine Hauptgottheit ist das Feuer; zu immer neuer Glut schürt es der Wind. Unter ihrer Macht wird das Erz geschmolzen, zum fließenden Strom. Überall: Bewegung. Riesenhämmer und Walzen bringen sie wieder in feste Form; dann aber ist das rotglühende Leben für immer erstarrt.

Beide, Stein und Eisen, sind unorganische Stoffe, allein jener ist »der verhärtete Niederschlag großer Erdrevolutionen selbst«, dieses deren kluge Nachahmung durch Wissenschaft und Technik: dem Naturgebilde gegenüber ein Surrogat. In der Steinmasse scheinen noch lebendige Kräfte zu schlummern. Man kann zu ihnen hindurchdringen, sie erwecken und gestaltend beleben. Das Eisen aber ist tot. Wir wissen, daß seine Kraft gewaltig ist, aber in der Natur sehen wir sie nicht; wir haben sie aus dieser herausgeschmolzen und zusammengeschweißt, aber dabei schwand ihr auch jene geheimnisvolle Anziehungskraft der Erde, die selbst noch dem Gestein innewohnt. Im Stein spüren wir den natürlichen Geist der Masse. Das Eisen ist uns nur künstlich komprimierte Festigkeit und Zähigkeit.

Bei deren Ausnutzung gelangten Jahrtausende nicht über stammelnde Versuche hinaus. Die Geschichte des Eisens gliedert sich in völlig ungleiche Abschnitte[1]. Die größten Erfolge der Eisengewinnung und Eisenbearbeitung drängen sich erst in die letzten vier Menschenalter zusammen. Dem modernen Eisenhüttenwesen gegenüber ist die Eisengewinnung bis zum Schlusse des 15. Jahrhunderts gleichsam nur eine prähistorische Zeit. Denn bis dahin kannte man überhaupt nur das »schmiedbare Eisen« der »Rennarbeit«, das durch Ausschmelzung *unmittelbar* aus den Erzen ge-

[1] Die folgenden Zeilen können natürlich nur in Stichworten skizzieren, über deren Bedeutung aber jedes einschlägige Handbuch Auskunft gibt. Das maßgebende Werk ist Beck, Geschichte des Eisens. 3 Bde. Braunschweig 1893—95. Aus der Fülle von Handbüchern seien neben den betreffenden Abschnitten im «Buch der Erfindungen» (V. Bd., S. 382 ff.) genannt: G. Mehrtens, Eisen und Eisenkonstruktionen. Berlin 1887. (Handbuch der Baukunde. Abt. I. Bd. II. Heft I.) M. Förster, Die Eisenkonstruktionen der Ingenieur-Hochbauten. Leipzig 1893. (Ergänzungsband zum «Handbuch der Ingenieur-Wissenschaften«.)

wonnen wurde. Das primitive Gebläse der Handbälge ergab nur niedrige Hitzegrade; erst bei der Ausnutzung der Wasserkraft für die Blasebälge in den größeren »Blaseöfen« begann die für die gesamte Folgezeit maßgebende *mittelbare* Eisenerzeugung: die systematische Darstellung flüssigen Roheisens und dessen Umwandlung in schmiedbares Eisen.

Dieses liefert seitdem der Hochofen als Gußeisen, indem er dem Eisenoxyd den Sauerstoff nimmt (»Reduktion«) und die Schlacken ausscheidet, und aus diesem Gußeisen wird das *schmiedbare* Eisen erst mittelbar durch Entkohlung mittels Oxydation auf dem offenen Frischherd gewonnen. Der Verarbeitung seiner Eisenballen (»Luppen«) brachten die durch Wasser getriebenen Hammerwerke eine gewaltige Kraftsteigerung.

Das 18. Jahrhundert ersetzte die Holzkohle durch die Steinkohle und die Wasserkraft durch die Dampfkraft, eine neue Epoche der Eisengewinnung aber beginnt erst an seinem Ende durch den *Puddelprozeß*, der das im *Flammofen* durch die Steinkohlenflamme geschmolzene Roheisen dadurch in schmiedbares Eisen (»Schweißeisen«, »Schweißstahl«) umarbeitet, daß er Luft einrührt (»puddelt«). Die konstruktive Überlegenheit dieses Puddel- oder Schweißeisens über das Gußeisen konnte nicht lange verborgen bleiben.

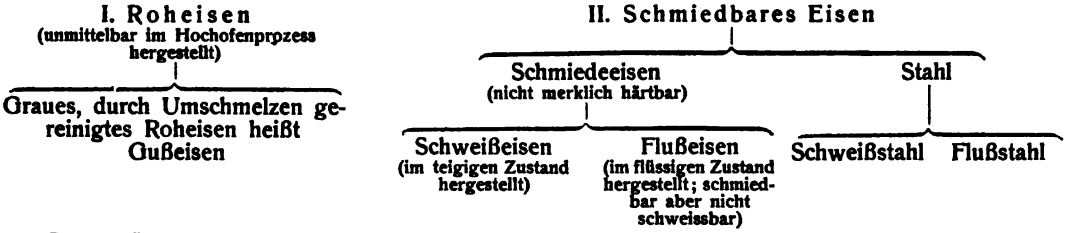
Gleichzeitig mit Verbesserungen dieses Puddelverfahrens durch Anwendung chemischer Prozesse, die der Eisen*erzeugung* zu gute kommen, bringen die *Walzwerke* der Eisen*bearbeitung* eine neue mechanische Gestaltungskraft von größter Tragweite: das Eisenblech verdrängt die gußeisernen Wandungen, und »die Schiene wird Vorläuferin des Formeisens«.

Die weitaus größten Wandlungen in der Geschichte des Eisens beginnen jedoch erst um die Mitte des 19. Jahrhunderts mit den völlig neuen Methoden der Eisendarstellung in den Hüttenwerken. Den Markstein bildet das *Bessemer-Verfahren* (Patent 1855), bei dem das geschmolzene Roheisen durch eingepreßte Luft im drehbaren, birnenförmigen Zylinderofen (»Birne«, »Konventer«) zu *schmiedbarem Flußeisen* entkohlt wird. Erst auf diesem Wege gelang es, auch im Flammofen »ohne Hilfe der Tiegel oder des Herdes« große Eisenmengen zu schmelzen.

Das nur auf Druck zu beanspruchende *Gußeisen* liefert heute im wesentlichen die Freistützen.

Für die eisernen Trägerkonstruktionen in der Raumüberdeckung und Überbrükkung in der Gegenwart ist das Hauptmaterial das *Flußeisen*[1].

[1] Die verschiedenen Darstellungsprozesse haben den ganzen Begriff »Eisen« bereits so weit vermannigfacht, daß sogar eine neue Benennung der Gattungen selbst notwendig wurde. Auf Grund der 1876 in Philadelphia vereinbarten Einteilung unterscheidet man heute als Hauptgruppen:



Das in Deutschland »Flußeisen« genannte Material, »das zwar stahlartigen Charakter zeigt, in seinen sonstigen Eigenschaften aber dem zähen Schweißeisen gleicht«, heißt in Frankreich gewöhnlich: »acier doux«, in Amerika: »soft steel« oder »medium steel«. Vergl. Mehrtens, Brücken a. a. O. S. 7.

Neuerdings findet für weitgespannte Brücken des geringen Eigengewichts wegen der *Nickelstahl* Verwendung.

* * *

Eine ungeheure Summe von Erfahrung, Wissenschaft — insbesondere der Chemie — und Technik also war nötig, um dem Eisenbau des 19. Jahrhunderts überhaupt erst das Rohmaterial zu liefern: dieses Material selbst hat schon in seinen ersten hundert Jahren wesentliche Wandlungen erfahren — Gußeisen, Schweißeisen, Flußeisen — so daß heut dem Bauingenieur ein völlig anderer Baustoff zur Verfügung steht als vor etwa fünfzig Jahren. Das Tempo dieser Verbesserungen beschleunigt sich, und die ihnen gewidmete Arbeit der wissenschaftlichen Technik schreitet neben den Eisenbauten im internationalen Austausch rastlos bessernd vorwärts.

Das sind im Sinne geschichtlicher Betrachtung »Fermente« von beunruhigender Wandelbarkeit. Kein Baustoff bietet etwas auch nur annähernd Verwandtes. Man steht hier am Anfang einer mit rasender Schnelligkeit weiterstrebenden Entwicklung.

Für stilistische Erörterungen ist das der ungünstigste Boden. Selbst deren verhältnismäßig sicherster Teil, die »Materialstilistik«, die sich nur auf die technischen Bedingungen des Stoffes und seiner Bearbeitung stützt, versagt hier, denn eben diese Bedingungen verflüchtigen sich zu »unbegrenzten Möglichkeiten«.

Vor allem gerade in ihrem hier maßgebenden Einfluß auf die Formenbildung. Schon jetzt darf als Grundsatz ausgesprochen werden, daß das Eisen als Baumaterial überhaupt an keine durch seine Natur unabänderliche Form gebunden ist: es läßt sich schlechterdings keine beim »Bauen« verwendbare Form denken, in die es nicht zu bringen wäre.

Und es läßt sich schon heute mit Sicherheit voraussagen, daß der »Eisenstil« diese formale Bewegungsfreiheit bis aufs äußerste ausnutzen wird. Denn die unbedingt bleibenden Vorzüge des Eisens als Baumaterial vor Stein und Holz sind zu wesentlich, um überhaupt nur die Möglichkeit zuzulassen, daß es aus dem Dienste der Raumüberdeckung und Raumüberbrückung jemals wieder ausscheiden werde.

Das Eisen ist an Festigkeit dem Stein vierzigfach, dem Holz zehnfach überlegen und hat jenem gegenüber trotzdem nur das vierfache, diesem gegenüber nur das achtfache Eigengewicht. Ein Eisenkörper besitzt also im Vergleich mit einem gleichgroßen Steinvolumen bei nur viermal größerer Schwere eine vierzigmal größere Tragkraft. Diese statische Überlegenheit des Eisens vor allen anderen bisher verwandten Baumaterialien macht es zum besten Stoff jeder »*rationellen Konstruktion*«, die ein Höchstmaß von Tragfähigkeit mit einem Mindestmaß von Material erreichen will.

Von diesem rein technisch-konstruktiven »Willen« ist hier auszugehen.

Er beherrscht unter dem Einfluß äußerer Verhältnisse den gesamten Nutzbau. In der Baukunst dagegen hat seine Macht stark geschwankt, denn sie fand dort in dem allgemeinen »Formenwillen« oft einen starken Gegner.

Es gibt Stilepochen, die solche rationelle Konstruktion überhaupt nicht aufkommen ließen. So die gesamte altorientalische Architektur. Ihr war der Aufwand an Baumaterial ein unentbehrlicher Teil der Monumentalität, wie der Aufwand an Menschenmaterial ein Zeichen der Macht. Ähnlich im kaiserlichen Rom. Von ihm lernte es

die italienische Hochrenaissance: sie liebte in der Masse den Überschuß an Kraft. Die gleiche Neigung, jedoch wiederum in anderer psychologischer Absicht, hat der Barock: »ein sichtliches Behagen an der dumpfen Ausbreitung der Masse«.

Dem konstruktiven Überschuß der altorientalischen Baukunst gegenüber bezeichnet die hellenische Baukunst eine Annäherung an jenes rationelle Konstruktionsprinzip. Allein sie reicht nur bis zum Gleichgewicht zwischen Mittel und Zweck. Der Gedanke an ein Minimum und Maximum bleibt ihr überhaupt fern, und gerade dadurch wirkt sie so vollendet. Die erste Störung dieses Gleichgewichtes bringt der Gewölbebau, und dabei sinkt naturgemäß die Seite der Mittel herab: bei den Widerlagern der Gewölbe war aus rein konstruktiven Gründen das »zu Wenig« so gefahrvoll, daß man ganz bewußt ein »zu Viel« vorzog. Die Ausgleichung zwischen beiden bestimmte in wesentlichem Grade die Entwicklung der römischen und weiter der romanischen Baukunst, und bei beiden spielte dann auch der fortifikatorische Zweck hinein. Bei beiden aber entscheidet endlich wiederum das psychologische Bedürfnis zu gunsten der Massigkeit.

Den Umschwung bewirkt erst die Gotik.

In den Kirchen ihrer Frühzeit: außen ein Aufwand von Mauermassen, der für den Eindruck des Innern selbst ästhetisch zu groß erscheint; in der Blütezeit: ein Gleichgewicht, ebenso köstlich wie im hellenischen Tempel, aber schon mit sichtlichem Streben, die tragenden Glieder nicht über das Notwendige hinauswachsen zu lassen; in der Spätzeit dann: die bedingungslose Herabminderung ihres Umfanges auf das Unerläßlichste. Damit ist die »rationelle Konstruktion« des Steinbaues an ihre äußerste Grenze gelangt.

Für die Gotik ist das Problem der Masse das ihres Wesens; es umschließt dieses auch im psychologischen Sinn. Sie löst es durch »Entmaterialisierung«. Schon dadurch tritt sie unter allen bisherigen Stilen der Steinarchitektur den Grundbedingungen des Eisenbaues am nächsten.

Allein der letztere ist seinem struktiven Wesen nach nicht dem Stein verwandt, sondern dem Holz: rationelle Konstruktion lehrte am frühesten und besten der Holzbau. Er kann nicht von der unerschöpflichen Masse ausgehen wie der Stein; das Stoffvolumen, mit dessen Tragfähigkeit er rechnet, ist durch die Natur selbst in unabänderliche Grenzen eingeschlossen; seinen Umfang bestimmt der Baumstamm. Das Bauwerk besteht also hier in einem »Zusammenfügen starrer, stabförmig gestalteter Teile zu einem in sich unverrückbaren System«, wie Semper sagt, und diese »Tektonik« ersetzt die Masse durch zusammengefügte Einzelglieder. Bei ihrer Verwendung als Baustoff sind auch diese »tot«. Aber sie hatten organisches Leben; es ist nur »abgestorben«. Seine Spuren stehen im Laufe der Fasern, in den Jahresringen, in den Schnittstellen der Wurzeln und Zweige vor Augen. Wir werten sie als Erzeugnisse organischer Lebensenergie. Und sie haben eine bestimmte Richtung, die an die aufsteigende und in der Verzweigung sich ausbreitende Kraft des wachsenden Baumes erinnert. Auch das Holz ist dem Stein gegenüber konzentrierte Zähigkeit, aber bei ihm schuf diese unmittelbar die Natur selbst. Dem Eisen gleicht es nicht als tektonischer Stoff, sondern höchstens als tektonische Form.

Deren Wesen wird durch den Umfang des Balkens bestimmt: durch ein stabförmiges Gebilde. Der Blockbau aus wagerecht aufeinander geschichteten Balken und der Palisadenbau aus senkrecht aneinander gerückten Pfosten gibt feste Wände.

Mit ihm von mindestens gleichem Alter, aber von weit reicherer Entwicklung ist der Ständerbau. Schwelle, Ständer und Rahmstück bilden als Ganzes ein Fach; durch eingezogene Streben, die dasselbe schräg durchziehen, wird seine seitliche Verschiebung gehindert: es wird zum »Stabilrahmen«. Dieser versteifte Rahmen ist ein festes Gerüst. Der Hohlraum zwischen ihm kann offen bleiben oder durch Bretter, Blockhölzer, Bohlen und — im Fachwerkbau — durch Steine, Ziegel, Mörtel ausgefüllt werden: statisch bedeutet er im Verhältnis zum Rahmen ein Minimum von Kraft, und als solches wird er auch ästhetisch empfunden.

Dem Wunsch, einen Überfluß von materiellen Mitteln und einen Überschuß an konstruktiver Kraft zu zeigen, kann ein Gerüst überhaupt nur sehr unvollkommen genügen, seine Ausdrucksmittel hierfür sind nicht Massen, sondern Linien. Ihre Vielheit übt ästhetisch und psychologisch eine ganz andere Wirkung aus als die Steigerung eines Massenvolumens: sie beruhigt nicht, sondern sie verwirrt. Die Geschichte des Holzbaues kennt daher solche Epochen, die, wie einzelne der Steinarchitektur, den Materialaufwand zur Stilbedingung machten, überhaupt nicht. Sie bewegt sich dauernd im Gebiete der rationellen Konstruktion. In wieweit sie erreicht wird, hängt beim Holzbau niemals vom Willen ab, sondern vom konstruktiven Können.

Die Festigkeit, mit der das letztere beim Holz zu rechnen hat, ist wesentlich größer als die des Steines, denn dieser ist nur druckfest, das Holz druck- und zugfest. Allein die Zugfestigkeit des Holzes läßt sich aus technischen Gründen nur in wenigen Fällen günstig ausnutzen, da die Bolzen, mit denen die Enden des statisch als Zugstange anzusehenden Holzbalkens gefaßt werden müssen, zu leicht ausreißen. In guten Steinkonstruktionen sollen füglich nur Druckspannungen[1], in guten Holzkonstruktionen meist Druck- und Biegungsspannungen auftreten. Das Eisen dagegen leistet allen drei Gattungen der Beanspruchung — dem Druck, dem Zug und der Biegung — den größten Widerstand; es vereint und steigert also die statischen Vorzüge des Steines und des Holzes. Jeder Teil einer Eisenkonstruktion übertrifft einen gleichgroßen Holzbalken an Festigkeit zehnfach, kann statisch also das Gleiche wie dieser bei einem weit geringeren Volumen leisten. Und bei der unbeschränkten Bildsamkeit des Eisens wird es möglich, die statisch »rationellste« Form für diese Leistung in jeder Einheitlichkeit und Mannigfaltigkeit künstlich zu schaffen.

Diese Erkenntnis mag sehr alt sein: ihre Anwendung auf die Bauzwecke ist sehr jung. Jahrtausenden war das Eisen nur der Stoff für Werkzeuge und es trat in den Dienst des Bauwerkes nur bei der Zurichtung und Verbindung vom Stein und vom Holz. Sein Hauptbereich lag der Baukunst fern.

* * *

»Das Eisen ist das beste Werkzeug im Leben und zugleich das schlimmste. Mit ihm durchfurchen wir die Erde, pflanzen Bäume, scheren die Hecken und schneiden die Reben; mit ihm bauen wir Wohnungen und behauen die Steine. Zu vielerlei Nützlichem brauchen wir es. Aber auch zum Krieg, zu Raub und Mord,

[1] Da bei der Biegung auf einer Seite Zug-, auf der anderen Druckspannung auftritt, ist auch die Biegungsfestigkeit des nur auf Druck zu beanspruchenden Steines nur gering.

und nicht nur Mann gegen Mann, sondern auch aus der Ferne, zu Wurf und Flug — nach meiner Ansicht die abscheulichste Hinterlist, die der menschliche Geist je ersann. Denn indem wir dem Eisen Schwingen gaben, haben wir dem Tode Flügel verliehen.«

So schrieb Plinius im ersten nachchristlichen Jahrhundert.

Dieser älteste Lob- und Bannspruch kennt die Macht des Eisens beim Bauen offenbar nur beim Werkzeug, Nagel und Klammer. — Das Baumetall des Altertums war die Bronze[1]. Vorwiegend aus Bronze war auch eine Reihe feinerer dekorativer Arbeiten, deren Bereich im Mittelalter dem Schmiedeeisen zufiel. Die Kunstschmiedearbeiten bilden seitdem ein Hauptgebiet aller angewandten Künste, überreich an Meisterwerken der Technik wie der Kunst, allein sie führen nur bis an die Grenzen der Baukunst: sie liefern selbst in ihren größten Schöpfungen höchstens raumtrennende Gitter ohne Tragefunktion, wie etwa die herrlichen Werke Lamours an der Place Stanislaus zu Nancy. Und das Gußeisen bleibt zunächst ganz zurück. Seine Kunstleistungen sind die in der Renaissance beginnenden derben Ofenplatten und Kaminböcke.

Noch viel langsamer aber entwickelte sich die Bedeutung des Eisens als konstruktive Hilfskraft des Baues. Als solche begleitet es den Gewölbebau des Mittelalters und der Renaissance, aber es war dabei selbst denen, die es benutzten, nur wenig willkommen. Man brachte dem Eisen ein gewisses Mißtrauen entgegen, eben weil es nicht unmittelbar von der Natur dargeboten, sondern als Bildstoff erst künstlich gewonnen wird. Das ist nur eine Sonderanwendung jenes allgemeinen Empfindens der Renaissance, dem Leo Battista Alberti[2] einmal mit den Worten Ausdruck gibt: »Nam est quidem cujusquis corporis pars indissolubilior, quae a *natura* concreta et counita est, quam quae *hominum manu et arte* conjuncta atque, compacta est.«

Die eisernen Zugstangen, welche den Gewölbeschub abfangen[3], und die Eisenbänder, welche die Kuppeln als Ring umschließen, haben trotz ihrer für die Statik des Ganzen unerläßlichen Leistung in der baulichen Konstruktion keine andere Rolle als etwa die eisernen Klammern im Holzwerk und zwischen den Steinquadern und die eisernen Eckverschlauderungen des Mauerwerkes: sie halten die aus anderem Stoff gebildete Masse zusammen. Meist ersetzen sie dabei nur das Holz. Die Eisenringe, mit denen beispielsweise die Kuppel der Markuskirche schon 1523, und später, in mehrfacher Wiederholung, die Peterskuppel umgürtet wurden, bedeuten nichts anderes als der riesige hölzerne Verankerungsring, den schon Brunelleschi nach dem Muster des Florentiner Baptisteriums um den Fuß seiner Domkuppel legte. Ja diese Eisenringe sind noch nicht einmal als konstruktive Hauptmittel recht anerkannt, sie gelten vielmehr nur als Aus-

---

[1] Vergl. zum Folgenden: Gottgetreu, Lehrb. d. Hochbaukonstruktion. III. Eisenkonstruktionen. Berlin 1885. S. 5 f.

[2] De re aedificatoria. Ed. 1512 Paris. Lib. III, Cap. XIII, Fol. XLIV.

[3] Älteste wichtige Beispiele: die Nebenschiffe der Hagia Sophia in Konstantinopel und die Omarmoschee in Kairo (7. Jahrhundert). Leo Battista Alberti bemerkt in seiner Baulehre, daß nur der Flachbogen (»arcus comminutus«) einer solchen eisernen Zugstange (»catena ferrea«) bedürfe. (De re aedificatoria. Lib. III, Cap. XIII, Fol. XLIV.) Über die »architektonische Ignorierung« solcher Zugstangen im 19. Jahrhundert vergl. Baumeister a. a. O. S. 28 Anm. — Eiserne Träger erwähnt Merckel a. a. O. S. 266 bereits an antiken Tempelbauten Indiens.

hilfsmittel, welche lediglich durch unrichtige Steinkonstruktionen oder durch deren nachlässige Ausführung mit minderwertigem Materiale verschuldet sind. Sie werden möglichst verborgen, und die Zugstangen drängen sich dem Auge als roh eingefügte Fremdkörper störend auf. Die komplizierteste Verwendung des Eisens als Hilfskonstruktion an Monumentalbauten der Renaissance ist die Verankerung von *Perraults* Kolonnaden und Tympanon der Louvrefront[1] und Soufflots Portal von *Ste. Geneviève* in Paris. Sie sind »mit Eisenstangen förmlich durchspickt«, aber das läßt eine Betrachtung dieser klassischen Steinbauten von außen nicht ahnen[2]. Bis zur Mitte des 18. Jahrhunderts ist von einem Eisenbau nicht die Rede. Man traute dem Eisen nicht einmal die von jedem Baustoff zu fordernde Haltbarkeit zu. Der kenntnisreiche Jacopo Lafri († 1620), der als Nachfolger Vasaris die Sicherung der Kuppel von Sa. Maria dell' Umiltà in Pistoja erfolgreich durchführte, sagt: »Il ferro è metallo imperfetto, massime stando all' acqua«: »Eisen ist kein Material für die Dauer«. Es war unter allen Baumaterialien auch weitaus das kostspieligste.

Die Überwindung dieser Hindernisse und Bedenken konnte nur durch einen Bund zwischen Wissenschaft und Technik gelingen, wie ihn erst die geistige und materielle Produktionsweise des 18. Jahrhunderts überhaupt ermöglichte. Und selbst dann blieb der Fortschritt des Eisenbaues zunächst nur langsam und ruckweise.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts konnte er lediglich mit dem *Gußeisen* rechnen. Wann dieses zum ersten Male als selbständiges Konstruktionsmittel verwendet wurde, läßt sich mit Sicherheit kaum noch feststellen, denn dieser Anfang liegt im Dunkel außereuropäischer Überlieferung. Jedenfalls geschah er im Dienste der wegeverbindenden Raumüberbrückung: bei den Kettenbrücken. Um den Ruhm, bei diesen am frühesten die Hilfe des Eisens benutzt zu haben, streiten sich China und Amerika. Der Gedanke, Brücken aus Gußeisen zu konstruieren, soll schon im 16. Jahrhundert aufgetaucht sein[3].

Die »wundersame« chinesische Kettenbrücke bei der Stadt Kingtung (Abb. 1) »mit Brettern auf zwanzig eisernen Ketten« nahm Athanasius Kircher in sein Werk »China monumentis illustrata« (1667) auf[4]. Die erste Beschreibung und Abbildung einer eisernen Kettenbrücke gibt in Europa aber schon der in Venedig als Ingenieur tätige Dalmatiner Faustus Verantius in seinem 1617 erschienenen Werk »Machinae novae«, wo es im Text heißt: »Diese Brücke nennen wir deshalb ‚eisern', weil sie an zwei, an beiden Seiten des Wassers errichteten Türmen mit vielen eisernen Ketten aufgehängt ist.«

Da ist die schmiedeeiserne Kette also nur ein Ersatz des Seiles und die Bedeutung des Eisens für das ganze Gebilde prinzipiell von der jener Zugstangen der mittelalterlichen Gewölbe nicht wesentlich verschieden.

---

[1] Vergl. Gottgetreu a. a. O., S. 12 ff. und Rondelet, L'art de bâtir VII, Kap. 2.

[2] Vergl. Charles-François Viel, De la construction des édifices publics sans l'emploi du fer. Paris 1808.

[3] Gauthey (Traité de la Construction des Ponts [1732—1807], III Ed. II, p. 101) will ihn in italienischen Werken des 16. Jahrhunderts gefunden haben . . . Wo?

[4] Erschienen in Amsterdam. Danach in Fischer von Erlachs Historischer Architektur 1725, Buch III, Taf. 15. Ob die Nachricht, Alexander habe bei seiner Brücke über den Euphrat Eisen verwandt, auf Eisenketten zu beziehen ist? (Vergl. Merckel a. a. O., S. 266. Mehrtens, Brücken, a. a. O., S. 3.)

Anders, wo das Eisen als Ersatz des hölzernen Hängewerkes und des steinernen Brückenbogens auftritt.

Auch diese Möglichkeit hat Verantius bereits ins Auge gefaßt. Neben der Kettenbrücke skizziert er eine feste Flachbogenbrücke, die »aus lauter Glockenspeise« (Erz) herzustellen sei, und fügt hinzu: »Auf dieselbe Weise kann man auch mit viel geringeren Kosten die Dächer und Decken der großen Gebäude und Kirchen machen«. Von neuem taucht dieser Gedanke am Anfang des 18. Jahrhunderts in Frankreich auf[1].

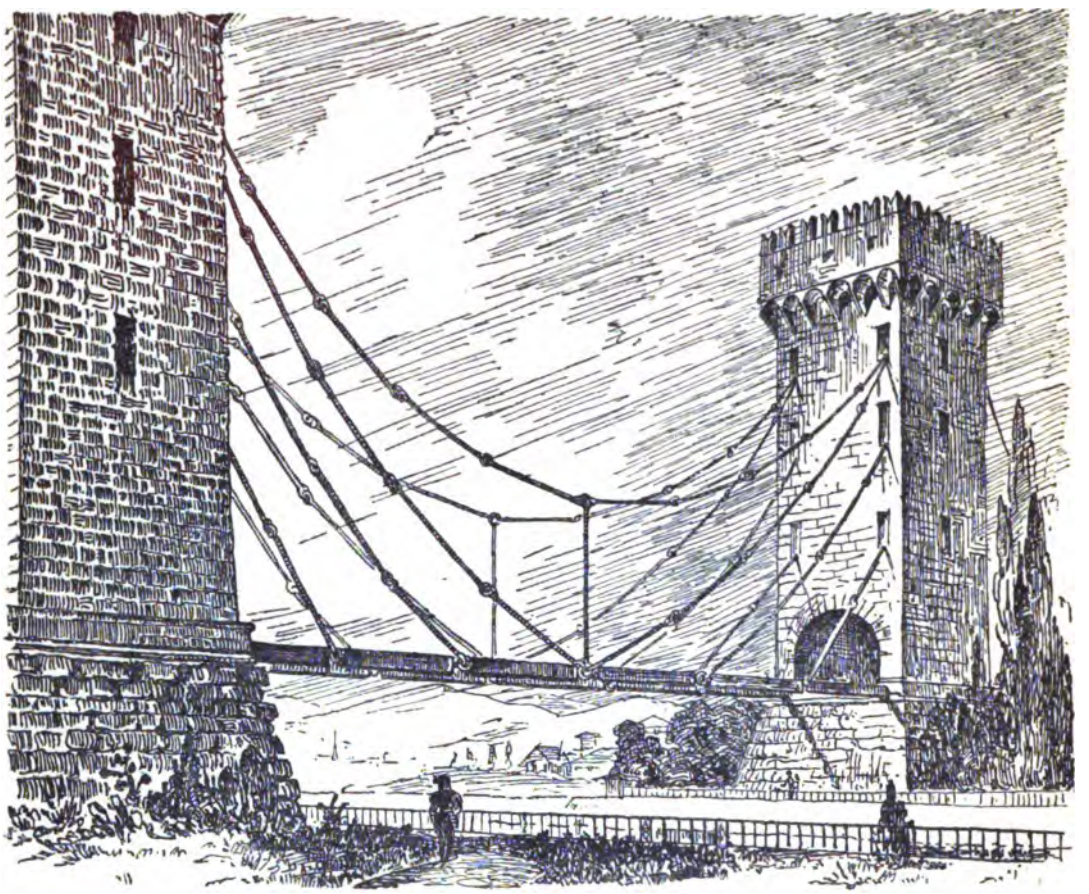


Abb. 1. Chinesische Kettenbrücke bei der Stadt Kingtung.

Seine Verwirklichung für eine Flußbrücke wurde zum ersten Male 1755 von *Garrin* in *Lyon* versucht, aber schon nach der Errichtung des ersten der drei geplanten Bögen wieder aufgegeben: die Erzeugungs- und Bearbeitungsmethoden des Rohmateriales waren noch zu unvollkommen. Sie verbesserten sich am frühesten in Nord-England. — Bahnbrechend für die Verwendung des Gußeisens für konstruktive Zwecke war in den fünfziger Jahren des 18. Jahrhunderts der Ingenieur *John Smeaton*

[1] Désagulier 1719.

(geb. 1724), aber er fand zunächst wenig Anhänger. Er selbst schreibt darüber 1782[1]: »Als ich vor 27 Jahren zum ersten Male Gußeisen für gewisse Zwecke verwandte, rief alles: ‚Wie kann sprödes Gußeisen halten, wenn das stärkste Zimmermannsholz nicht widersteht?'« Die »gewissen Zwecke« waren nächst den Maschinenteilen, den Dampfkesseln, Walzgerüsten, Wasserrädern und Schienen — die erste gußeiserne Schiene ward 1767 in den Werken von Coalbrookdale gegossen — Teile des Mühlenbaues und des 1757—1759 von Smeaton im wesentlichen aber aus Steinquadern errichteten Leuchtturmes von *Eddystone*. Das erste ganz aus Gußeisen errichtete Bauwerk ist die noch heute funktionierende »*Ironbridge*« über den *Severn* beim Dorfe Brosely

Abb. 2. Ironbridge über den Severn.

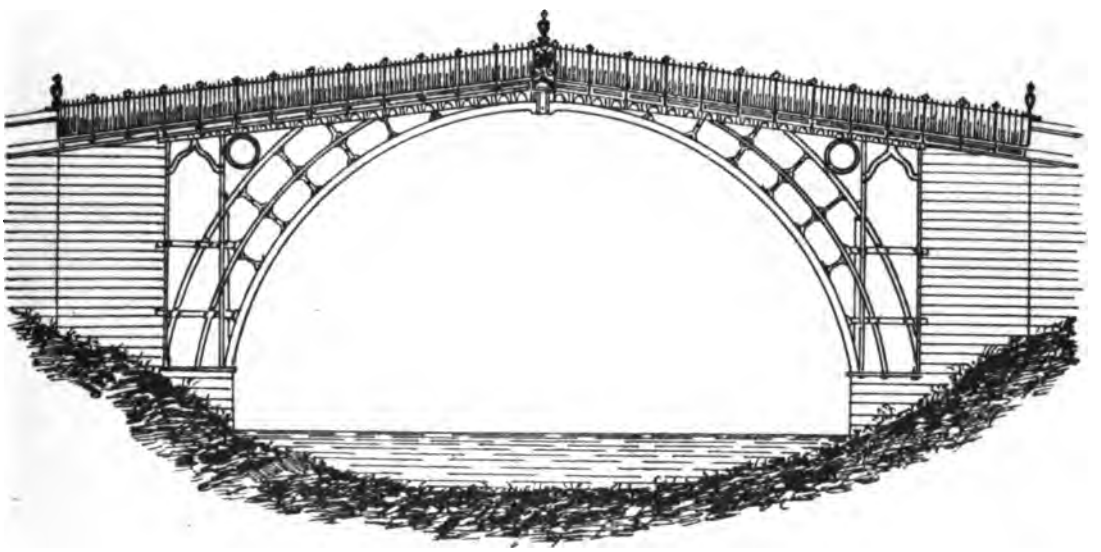


Abb. 3. Ironbridge über den Severn.

(Ost-England)[2] (Abb. 2 und 3), die 1773—1779 unter Leitung von John Wilkinson, dem »Eisentollen« (»iron mad«), und Abraham Darly in dem schon genannten

[1] Vergl. G. Ch. Mehrtens, Vorlesungen über Statik der Baukonstruktionen und Festigkeitslehre, Leipzig 1903, S. 75 und desselben Verfassers »Brücken«, a. a. O., S. 5. ff.

[2] Shropshire. An der Bahnstrecke Shrewsbury-Worcester. Vergl. Mehrtens, Die ältesten eisernen Brücken der Welt. Ztschr. »Stahl und Eisen« 1896, Nr. 24. Ztschr. »The Engineer« 1898 (Sept.), S. 303: »The birth-place of modern bridges«.

berühmten Werk in Coalbrookdale ausgeführt wurde[1]. Die technische Leistung — über einem Durchmesser von 30,62 m fünf nahezu halbkreisförmige Bögen, deren ca. 23 m lange Hälften noch heute nicht leicht zu gießen wären — ist besonders berühmt. Aber auch der Form nach verdient diese Brücke in der Geschichte des Eisenbaues einen Ehrenplatz: zum ersten Male bringt sie die durch das neue Material ermöglichte Leichtigkeit und Durchsichtigkeit des Gesamtgebildes zur Geltung. Naturgemäß geschieht dies hier nach dem Prinzip der Holzkonstruktion. Die Seitenabschlüsse sind offene in Gußeisen übertragene Fachwerkgerüste aus Stielen und Riegeln; die fünf parallelen Eisenbögen selbst jedoch sind nicht mehr aus einzelnen bogenförmig geschnittenen Stücken zusammengesetzt, sondern ihre beiden Hälften gleiten von den Ufern her als homogene, schlanke Gebilde in einheitlichem Linien-

Abb. 4. Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan.

zug aufwärts und zusammen[2]: ein damals neuer Anblick. Die inneren Parallelbögen laufen sich an der leicht steigenden Fahrbahn tot. Die Bögen sind radial verbunden und die Zwickel sowie die Vertikalstangen durch Ringe und Spitzbögen maßwerkartig gefüllt. Das ist in seiner durchsichtigen Feingliedrigkeit denn doch auch rein formal ein ganz anderes Gebilde als die schweren hölzernen Gesperre aus Bohlen oder vollends aus geraden Balken! Zum ersten Male redet der Eisenbau hier die zierliche Sprache der Linien. Im Aufbau verwandt ist die früheste Eisenbrücke des europäischen Festlandes, die 1794 über das *Striegauer Wasser* bei

[1] Vergl. Stevenson in Philosophical Journal X. Edinburgh. Abbild. nach Photogr. in Ztschr. «The Engineer« a. a. O. und »Buch d. Erfind.« 9. Aufl., IX, S. 390, Abbild. 401. — Gottgetreu, Eisenkonstruktionen, Fig. 32, S. 13. — Vierendeel a. a. O., Text S. 23. — Eine zweite Brücke über den Severn wurde bei Buildwas in der Nähe von Coalbrookdale 1795—1796 von Telford errichtet. Sie hat 39,65 m Spannweite.

[2] Der seitliche Erddruck hat die beiden Bogenteile so stark gepreßt, daß der Scheitel aufwärts gedrückt wurde. Das Modell dieser noch heut funktionierenden Brücke befindet sich in der Sammlung der Society of arts in London.

Laasan[1] (Schlesien) geschlagen wurde (Abb. 4); aber hier sind die Bögen nicht mehr parallel, sondern schießen zum Mittelpunkt zusammen, und die Zwickel werden durch eine Reihe von den Enden zur Mitte sich verkleinernder Ringe ausgefüllt: das Prinzip des eisernen Bogenträgers, der am Scheitel am dünnsten ist. — Ist bei diesen Brücken trotz der Eigenart der Durchführung und Erscheinung die Kraftverteilung nicht anders »gedacht« als beim Holz, so überträgt die mächtige, den *Wearfluß* zu Wearmouth bei *Sunderland* mit sechs fast 29 m hohen Flachbögen von nahezu 72 m Spannweite überspannende Brücke[2] die keilförmigen Steine der gemauerten Bögen in hohle Guß-

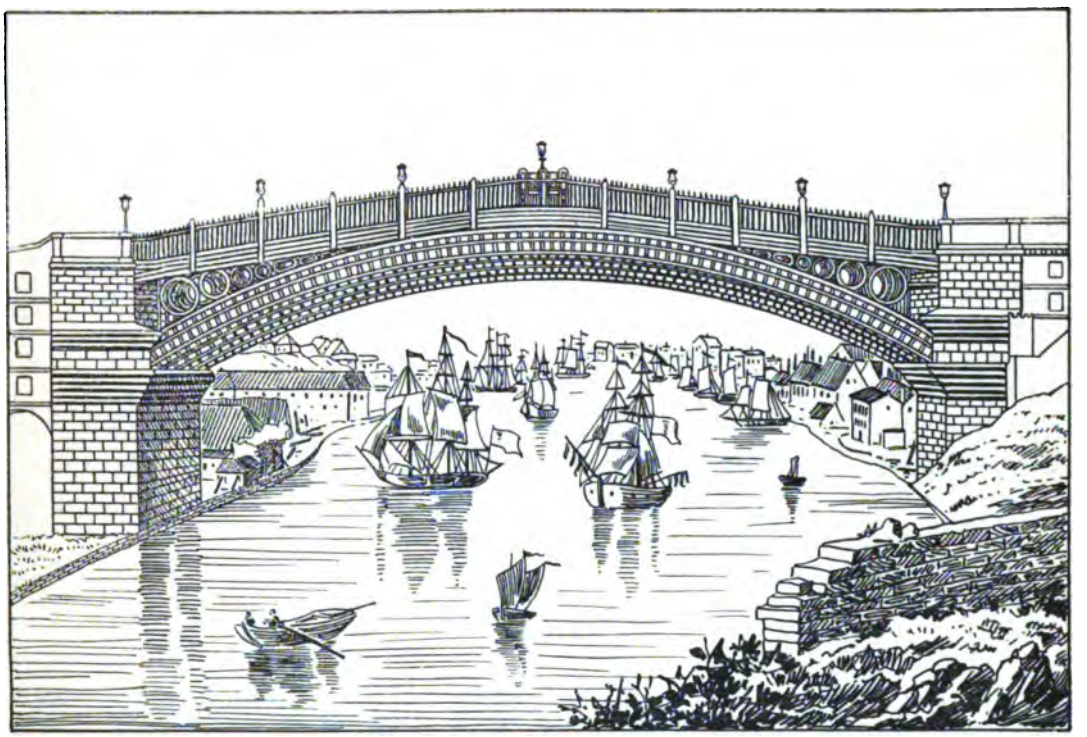


Abb. 5. Brücke über den Wearfluß zu Wearmouth bei Sunderland.

eisenstücke (Abb. 5). In zwei Reihen übereinander zwischen mächtigen Steinpfeilern angeordnet, gleichen dieselben für den Anblick in der Tat Gewölbesteinen; der Raum zwischen diesen Tragebögen und der Fahrbahn wird wiederum durch Ringe gefüllt. Die neue Leichtigkeit dieser Eisenbrücke ist also nicht, wie in Coalbrookdale, durch das durchsichtige Gerüstprinzip, sondern durch die frei und weit in ganz flacher Wölbung schwebende Bogenspannung selbst erreicht.

Die Wearbrücke wurde 1793—1796 von dem englischen Ingenieur Payne nach einer Zeichnung Wilsons errichtet. Inzwischen war das Eisen insbesondere in

[1] Abbild. nach Photogr. in »Buch d. Erfind.« a. a. O., Nr. 403, S. 391. Das Gußeisen aus dem Königl. Eisenhüttenwerk bei Laasan in Schlesien.

[2] Abbild. nach »Buch d. Erfind.« a. a. O., Nr. 402, S. 391. Vierendeel a. a. O., Pl. I, Fig. 5—11. Die Spannweite beträgt 71,91 m.

Frankreich bereits energisch auch in den Wohnbau eingeführt worden, aber nicht mehr als Gußeisen, dessen konstruktive Mängel sich bald gezeigt hatten, sondern als im Flammofen gewonnenes *Schmiedeeisen*. Am frühesten soll dieses 1780 am Dach des «Grand Salon du Louvre« verwendet worden sein. 1785 legte der Architekt *Ango* in einem Hause in Boulogne schmiedeeiserne, nach Art eines Sprengewerkes gegliederte Träger über eine Weite von 6,50 m. Es folgte der Dachstuhl des Théâtre français *(Ango)* und der Pariser Börse *(Labarre)*. Muster blieben hier noch immer die hölzernen, in Frankreich besonders vervollkommneten Bohlendächer. Auch die eisernen Pariser Brücken schlossen sich zunächst — wie der Pont du Louvre 1803 der Holzkonstruktion oder wie der bedeutendere »Pont d'Austerlitz«[1] 1806 — der Steinkonstruktion nach Art der Sunderlandbrücke an. Die »rationellste« Gestaltung der Fachwerkträger mit diagonal verstrebten Gurtungen brachte erst 1808 die kleine, von Bruyère ausgeführte Fußgängerbrücke über das Flüßchen *Crou* bei St. Denis[2] (Abb. 6). Ihre flachen Bögen sind der Konstruktion nach ebenfalls im hölzernen Brückenbau vorgebildet: eine ganz ähnliche Holzbrücke gibt schon Palladio[3] (Abb. 7). Aber was früher aus schweren Vierkanthölzern zusammengezimmert war, bietet nun einen ganz anderen Anblick. Der »Gerüststil« des Eisens hat in der Dreiecksverstrebung sein richtiges und wichtiges Prinzip gefunden.

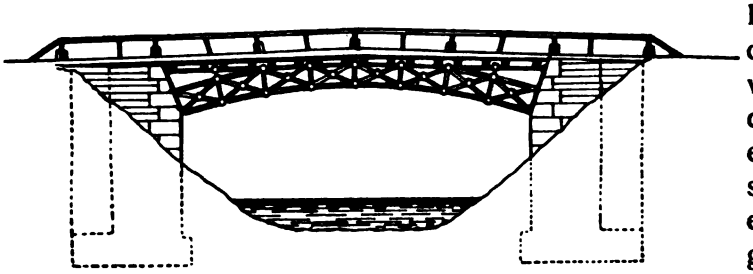


Abb. 6. Fußgängerbrücke über den Crou bei St. Denis.

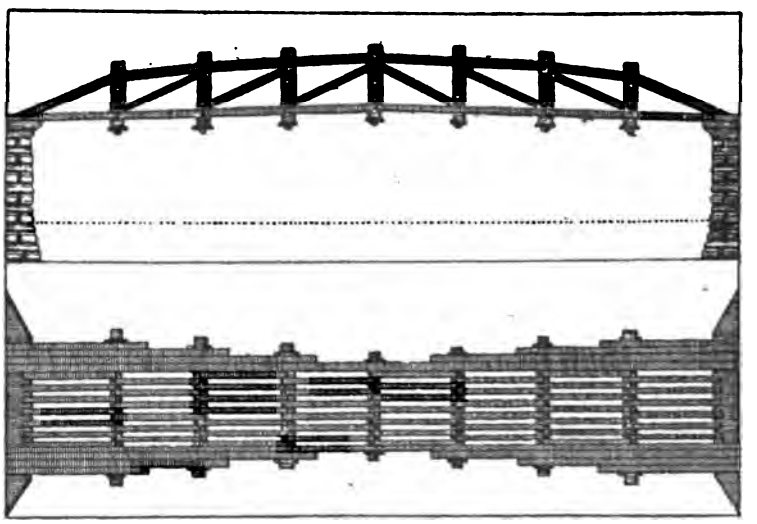


Abb. 7. Holzbrücke von Palladio.

---

[1] Fünf Bögen; 1854 durch die heutige Steinbrücke ersetzt.

[2] Abbild. nach Vierendeel a. a. O., Pl. 1, Text S. 32. Bruyère entwarf nach gleichem Prinzip 1810 eine Fußgängerbrücke über die Seine (Passerelle de l'Hôtel de Ville) von 130 m Spannweite (!), die jedoch nicht ausgeführt wurde.

[3] Architecture. Tom. II, L. III, Tafel III.

Dessen Ausbildung zur Großkonstruktion erfolgte allerdings erst ein halbes Jahrhundert später. Der Weg ist ebenso beträchtlich, wie etwa der von den frühesten Verwendungen der Tonnengewölbe für Wasserleitungen bis zum Gewölbebau der Gotik. Jene Brücken- und Dachkonstruktionen des 18. Jahrhunderts sind nur die ersten, vereinzelten, bald tastenden, bald kühnen Versuche des Eisenbaues. Sie mußten an dieser Stelle deshalb erwähnt werden, weil sie überhaupt erst den Gedanken brachten und verwirklichten, daß man mit Eisen »bauen« könne. Das Eisen wurde an ihnen zum ersten Male zum »Baustoff«.

* * *

Daß das Eisen nach diesen immerhin bescheidenen Anfängen im 19. Jahrhundert zu einem Hauptmaterial aller Baukonstruktionen ward, hat wesentlich andere Gründe als die Entwicklung der konstruktiven Kräfte anderer Baustoffe und Zeiten.

Entscheidend wurde, daß es sich beim Eisen eben um eine »künstlich« erzeugte Masse handelt, bei deren Zusammensetzung und Formung jedem Anspruch genügt werden kann, soweit er im Bereich der technischen Möglichkeit bleibt. Bei diesem Baustoff trat also der völlig neue Fall ein, daß nicht nur die Konstruktionen sich nach dem Baumaterial richteten, sondern auch umgekehrt dieses nach ihnen: schon seine Grundformen wurden von vornherein als »rationellste« Konstruktionsteile gebildet. Dabei arbeiteten Wissenschaft und Technik zusammen, jene einerseits als Chemie und Statik, diese als Bewältigung der gewaltigsten mechanischen Kraftübertragungen und Umformungen. Bezeichnend für diese gemeinsame Arbeit von Theorie und Praxis ist besonders die Ausbildung des Materialprüfungswesens. Seit man im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts vereinzelte Versuche über die Festigkeit der verschiedenen Baustoffe angestellt hat, haben diese Probleme zu einer eigenen Wissenschaft mit eigener Methodik und Technik geführt, die auf Schritt und Tritt in die Praxis eingreift. Auch die wirtschaftlichen Verhältnisse sprachen wesentlich mit, und neben den Fortschritten der mathematischen und der Natur-Wissenschaften gaben die neuen Aufgaben der neuen Kultur selbst Gelegenheit, die Errungenschaften fort und fort zu erproben und zu mehren.

So wurde jener neue »Baustoff«, den das Ende des 18. Jahrhunderts als solchen überhaupt erst erkannt und noch keineswegs anerkannt hatte, in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts in feste *Normalformen* gebracht, welche — wenn auch im einzelnen natürlich noch verbesserungsfähig — das prinzipielle Verhältnis zwischen den Konstruktionselementen und dem konstruktiven Gesamtorganismus beim Eisenbau wohl schon endgültig bestimmen. Die wichtigsten unter diesen Normalformen bedeuten für den heutigen Eisenbau etwa dasselbe, wie für den Fachwerkbau in Holz die Pfosten, Streben, Riegel und Verwandtes; und wie im Holzbau, so sind auch im Eisen die Verbindungsmittel typisch.

Von den letzteren werden stilistisch die *Nieten* bedeutsam: Bolzen, die mit »Setz- und Schließkopf« versehen sind[1]. Sie wirken rein konstruktiv — als »Kraftniete«, zur Überleitung der Spannkräfte, oder als »Heftniete«, nur zur Verbindung

[1] Der Bolzen wird bis zur Weißglut erhitzt. Die ersten Vernietungen von Eisenträgern in heißem Zustand erfolgten nach Vierendeel (a. a. O., S. 32) in den dreißiger Jahren (Winterpalais in St. Petersburg.)

Abb. 8. Profileisen.

der Teile. Aber für den Anblick sind die Reihen dieser halbkugelförmigen, knopfartigen Setzköpfe der Nieten auf den Eisenstäben und Blechen meist die einzigen »Details«, und sie bieten in ihren regelmässigen Abständen stets rhythmische Umränderung oder Teilung. Das Gleiche gilt natürlich auch von den *Schraubenmuttern.*

Hierbei handelt es sich um Gebilde, die schon aus Konstruktionen in anderen Materialien längst bekannt sind. Ebenso bei einer Reihe der *Stabformen,* in denen das Flußeisen von den Walzwerken den Eisenkonstruktionen als Handelsware zur Verfügung gestellt wird (Abb. 8). Das »*gewöhnliche Stabeisen*« mit regelmässigem, geometrischem Querschnitt — rund (für Zugstangen) und eckig (Quadrat, Polygone; heute nur noch bei leichteren Konstruktionen verwandt) — erscheint stilistisch nur als Balken oder Stange; das dem Wesen des Eisens entsprechende »Neue« ist hier nur die geringe Stärke des Querschnittes, nicht dessen Form. Anders bei den Façoneisen mit unregelmässigen, teils symmetrischen, teils unsymmetrischen Querschnitten, wie sie in Deutschland seit 1880 als sogenannte *Normalprofile* eingeführt sind. Deren Reihe eröffnet der **T**- beziehungsweise der *Doppel-***T***-Träger* (**I**). Seine Vorläufer bildete der Eisenbahnbau Englands aus; vollkommen stand sein Typus mit doppelten Winkeleisen und Nieten in tadelloser Ausführung nach Angaben des Ingenieurs Joly bereits auf der Pariser Ausstellung 1849 vor aller Augen. In der Geschichte des Eisenbaues ist das ein ähnliches Ereignis, wie etwa in der des Geschützwesens die Herstellung des ersten »gezogenen« Rohres. 1849 noch nicht nach Gebühr beachtet, ward der **I**-Träger während der letzten Jahrzehnte der im Eisenbau weitaus am häufigsten verwendete Konstruktionsteil. Er verdankt dies seiner »verhältnismässig grossen Tragfähigkeit, guten Materialausnutzung und seitlichen Steifigkeit«. Die ⌝⌞- (Z-), **C**- (U-) und alle **L**-(Winkel-) und ⊥- (Steg-) Profile sind in denen des **T**-Trägers enthalten.

Was bedeutete nun dieser **T**-Träger als Bauglied rein formal für den Anblick?

Das Wesentlichste hebt schon die gangbare Bezeichnung: »*Profil*-Eisen« selbst hervor: für den Fernblick und innerhalb

der Gesamtmasse einer Großkonstruktion statt des vollen Balkenkörpers eine stegartig dünne Fläche, deren I-Profil fast zu einem Liniengebilde zusammenschrumpft. In der Längsansicht wirft die Flansche auf die Stegfläche einen leichten Schlagschatten. Die *Quadrant*-Eisen ⌟ und *Trapez*-Eisen ⏝, die zu vieren symmetrisch zusammengeschlossen einen schmiedeeisernen Hohlpfeiler, beziehungsweise eine Hohlsäule bilden, verbinden die Flächen zum Körper. Das nur nach der Länge ausgedehnte »Stabeisen« gibt ausgewalzt die »Flacheisen«: für den Anblick nur Eisenbänder. — Die zweite große Hauptgruppe der Eisenformen neben den »Stabeisen« sind die nach Länge und Breite ausgewalzten *Bleche* (Grobbleche oder Feinbleche und das konstruktiv heute so wichtige *Wellblech*).

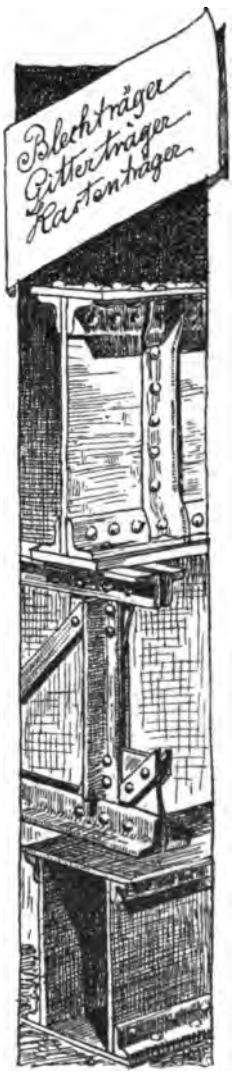


Abb. 9.
Vernietete Konstruktionen.

Diese Grundformen, in denen das Eisen als Baustoff auftritt, sind also bereits an sich als Einzelgebilde teilweise neuartig. Und ihre Eigenart ist in besonderem Grade Ergebnis und Ausdruck der natürlichen Eigenschaften des Baumaterials, weil schon die letzteren selbst technisch und wissenschaftlich gerade für *diese* Formen entwickelt und ausgenutzt werden. Der zielbewußte Arbeitsprozeß, der den Rohstoff zum unmittelbar verwendbaren Baustoff umformt, setzt beim Eisen bereits in einem weitaus früheren Stadium ein als bei den bisherigen Baumaterialien. Zwischen Materie und Material waltet hier füglich ein anderes Verhältnis als zwischen Stein und Quader, Ton und Ziegel, Holz und Balken: Baustoff und Bauform sind im Eisen gleichsam mehr homogen.

Daher schien es angezeigt, jene Elementarformen der Eisenkonstruktionen schon an dieser Stelle, im Zeichen des »Baustoffes» selbst zu erörtern.

Es entspricht nicht nur dem Zweck und der Gesamtanlage dieses Buches, sondern auch dem Wesen des Eisenbaues selbst, hierbei prinzipiell sogar noch einen Schritt weiter zu gehen und in diesem ersten Kapitel bereits auch mehrere *typische Konstruktionsformen* zu behandeln. Sie setzen sich aus jenen Elementarformen zusammen, wie die Hänge- und Sprengewerke aus den Balken, aber sie funktionieren nicht nur wie jene bei Dachstühlen und Brücken, sondern sie sind rasch zu Hauptteilen *aller* Eisenbauten geworden. Deren Eigenart selbst beruht auf ihnen, und wiederum sind auch sie aus der Natur des Baustoffes technisch und rechnerisch als zweckmäßigste Verbindungen der zweckmäßigsten Elemente abgeleitet.

Ausgebildet sind diese typischen Konstruktionen bei den eisernen *Tragwerken* mit größeren Spannweiten.

Bei diesen treten die Bleche, Flach- und Winkel- oder T-Eisen zum »Blechträger« zum hohlen »Kastenträger«, insbesondere aber zum »Fachwerkträger« zusammen. (Abb. 9).

Der *einfache »Blechträger«* besteht aus der vertikalen Blechwand (»Stehblech«) und den durch Winkeleisen gebildeten, meistens noch durch Flacheisen ver-

stärkten Gurtungen, er wirkt also für den Anblick nicht wesentlich anders als ein I-Träger mit breiten Flanschen. Die *Kastenträger* vollends gleichen nur mächtigen Balken aus Eisen. Was dabei freilich allein der Maßstab bedeutet, zeigte bereits die erste, aus hohlen schmiedeeisernen Balken hergestellte Eisenbahnbrücke der Welt, Stephensons »Britanniabrücke« über die Menaistraße (1846—1849) (Abb. 10); es sind »Balken«, wie sie zuvor nur die Sage von den Cyklopen kannte!

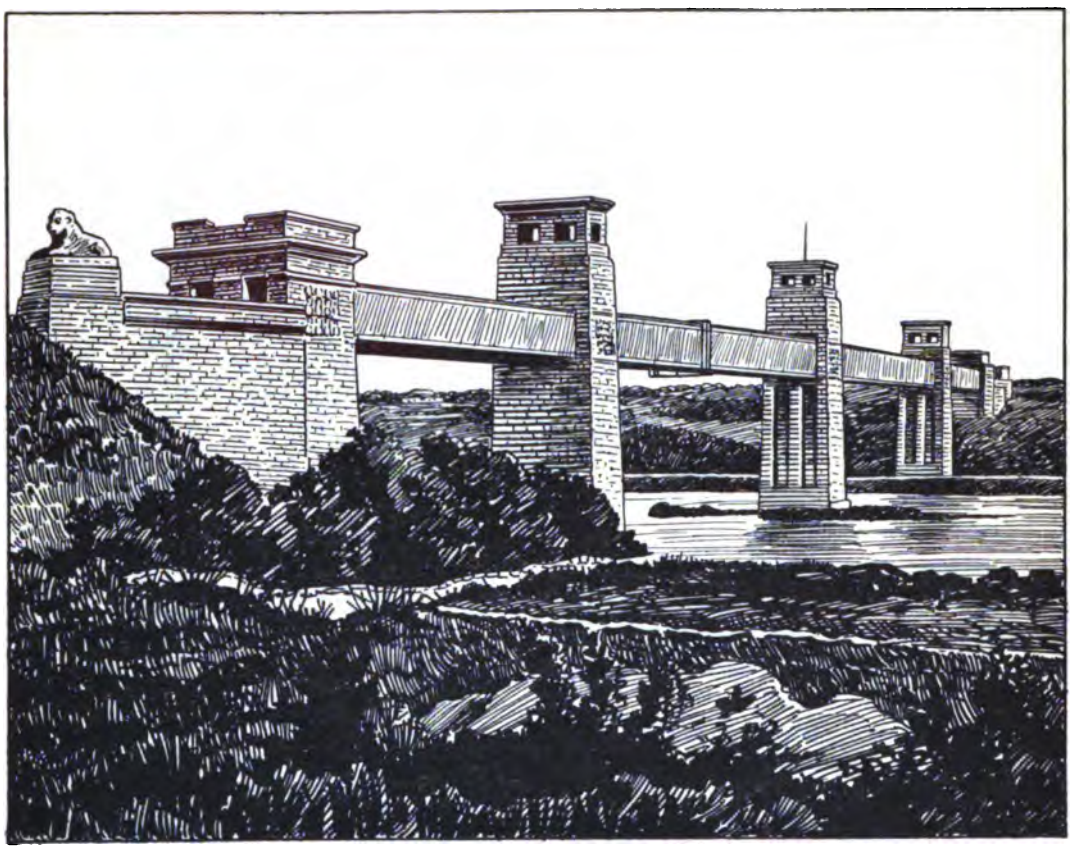


Abb. 10. Stephensons „Britanniabrücke" über die Menaistraße.

Wie konstruktiv, so ist jedoch auch stilistisch das Hauptsystem der heutigen Eisenkonstruktion der *Fachwerkträger.*

Das »Fachwerk«[1] ist ein »gegliedertes Tragwerk«; theoretisch: ein System von Stäben, die an ihren Endpunkten (»Knotenpunkten«) durch reibungslose Gelenke verbunden sind. Die letzteren lassen sich in Wirklichkeit nicht herstellen. In Deutschland pflegt man die »Knoten« als feste Nietungen auszubilden; in Amerika zog man bis vor kurzem die Gelenkverbindung vor.

In der Praxis des Eisenbaues teilt man die »Stäbe«, aus denen sich die Fachwerkträger zusammensetzen, ein in die umgrenzenden und die füllenden. Jene heißen

[1] Die folgenden Angaben sind dem einleitenden Kolleg des Herrn Prof. Siegmund Müller über »Statik der Hochbaukonstruktionen« an der Königl. Technischen Hochschule in Berlin entnommen.

»Gurtungen« (»obere« und »untere«), diese »Füllungsstäbe« (»Wandglieder«, »Gitterwerk«). Die »Füllungsstäbe« sind gerade; ihrer Richtung nach »vertikal« oder geneigt, »diagonal«. Im Beginn des Eisenhochbaues, vor der Ausbildung seiner statischen Theorien, herrschte insbesondere bei Brücken der »*Gitterträger*« mit mehrfach gekreuzten, an den Kreuzungsstellen fest vernieteten Streben als zwei-, drei- und mehrteiliges Gitterwerk. In diesen »engmaschigen« Systemen, deren Gitter sich der Vollwand näherten, sah man sogar eine Bürgschaft für die Tragfähigkeit. Allein sie sind statisch unbestimmt, bedeuten technisch eine Materialverschwendung und bieten dem Winddruck zu viel Angriffsfläche. Das Füllwerk wurde daher immer luftiger. Heute sucht man es möglichst einfach und »klar« zu gestalten, statisch bestimmt, insbesondere durch Bildung von Dreiecken, deren kleinster Winkel dabei 30°, deren größter 60° und deren »wirtschaftlich« günstigster 45° beträgt. Das Gitterwerk sich kreuzender Stäbe findet meist nur noch in seiner in jedem Sinne besten Form als System der »Gegendiagonalen« ☒ Anwendung.

Die heutige Zeichnung der Eisenfachwerke macht sich vom Einfluß der überlieferten »Systeme« mehr und mehr frei. Sie sucht jede Aufgabe für sich nach Zweck und Stabilität möglichst rationell zu lösen, und die leitenden Gesichtspunkte sind dabei allgemeingültig: einen Dreiecksverband zu gewinnen, dessen Höhenentwicklung der Größe der Biegungsmomente entspricht.

Gleichwohl ist es für unsere Zwecke, insbesondere für die im folgenden angewandten Bezeichnungen, erwünscht, die üblichsten »Systeme« der Fachwerkträger hier knapp zusammenzustellen.

I. Parallelträger.

II. Polygonalträger.

III. Bogenträger.

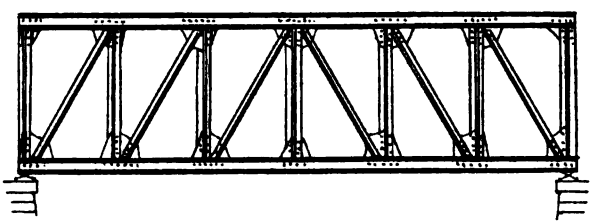


Abb. 11. Parallelträger.

Je nach der mathematischen Kurve des Obergurtes unterscheidet man dabei: Parabel-, Ellipsen- (Korbbogen-), Hyperbel- (»Schwedler«-) und Pauli-Träger.

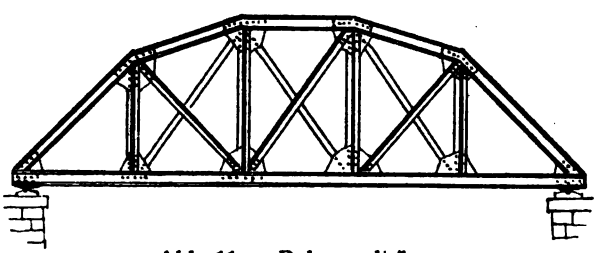


Abb. 11a. Polygonalträger.

Scheinbar sind diese Systeme der eisernen Fachwerkträger in den hölzernen Hänge- und Sprengewerken vorgebildet. Aber diese können lediglich auf Druck und Biegung beansprucht werden, nur ausnahmsweise auf Zug. Die dem letzteren ausgesetzte Dreiecksverbindung ist im Holzwerk — ohne eiserne Zugstangen

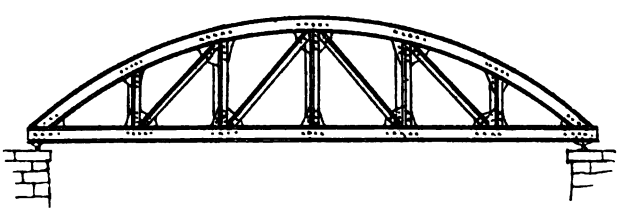


Abb. 11b. Bogenträger (Träger mit bogenförmigem Ober- und horizontalem Untergurt, spitz auslaufend).

— schwierig. Und gerade in der Verbindung zu geschlossenen Figuren wirken die dünnen Eisenstäbe im Vergleich mit den starken Pfosten, Balken und Bohlen leicht und schrumpfen für den Fernblick fast zu Linien zusammen. Dabei bedeutet jeder dieser Fachwerktypen im Eisenbau in stärkerem Grade als in der Holzkonstruktion eine selbständige Einheit. Das empfindet man am unmittelbarsten, wenn das Fachwerk nicht als »Balkenträger« von Stützpunkt zu Stützpunkt reicht, sondern wenn es als »Ausleger« oder Kragdach nur an seinem einen Ende befestigt ist, während das andere frei schwebt.

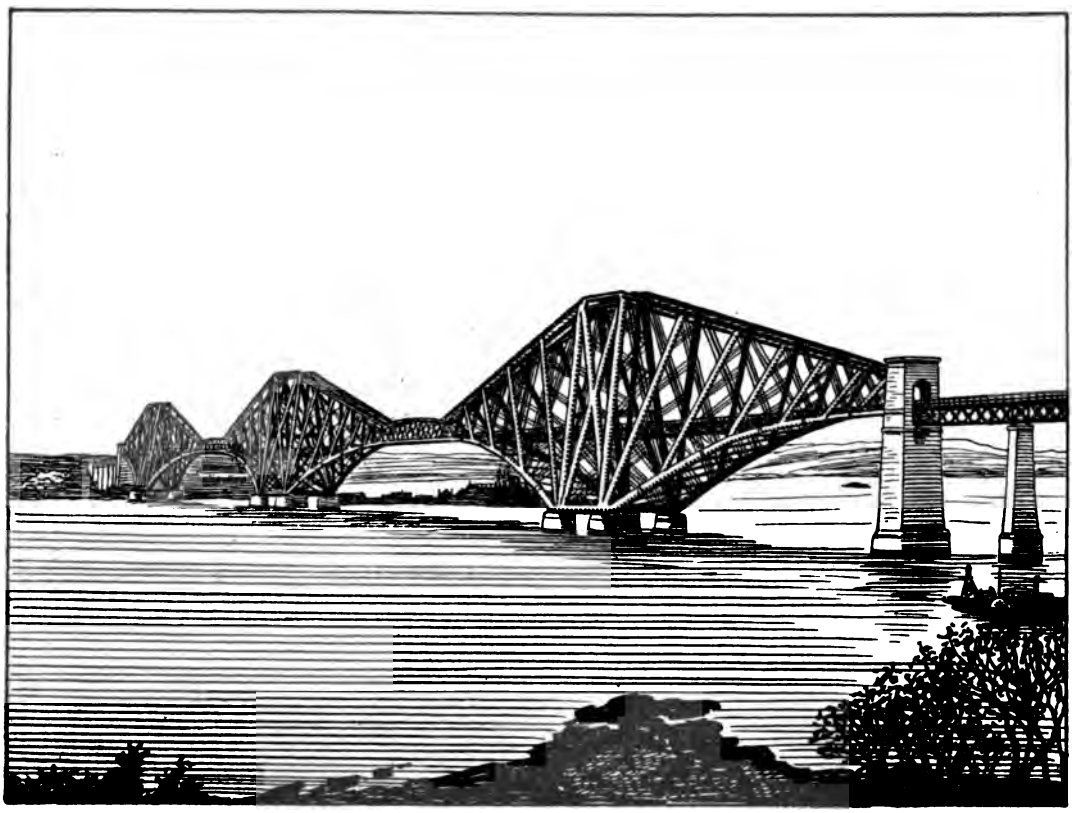
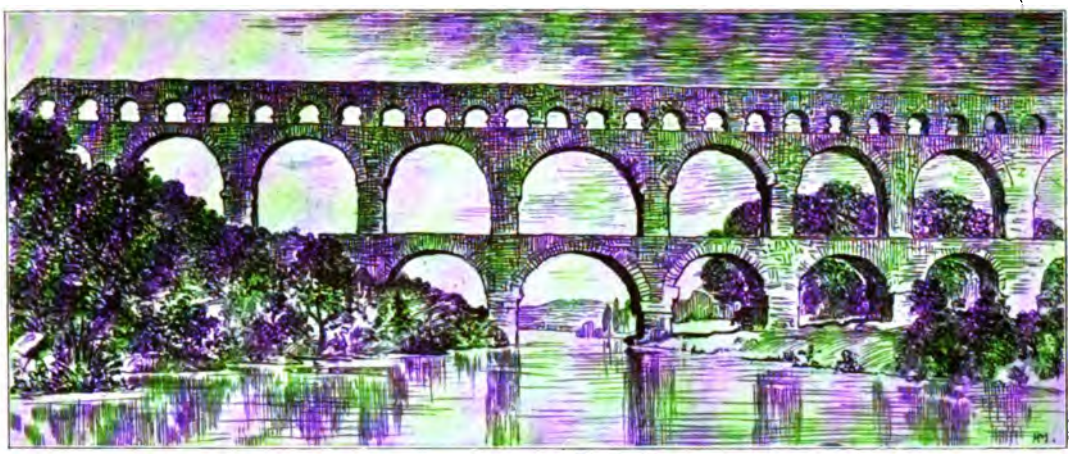


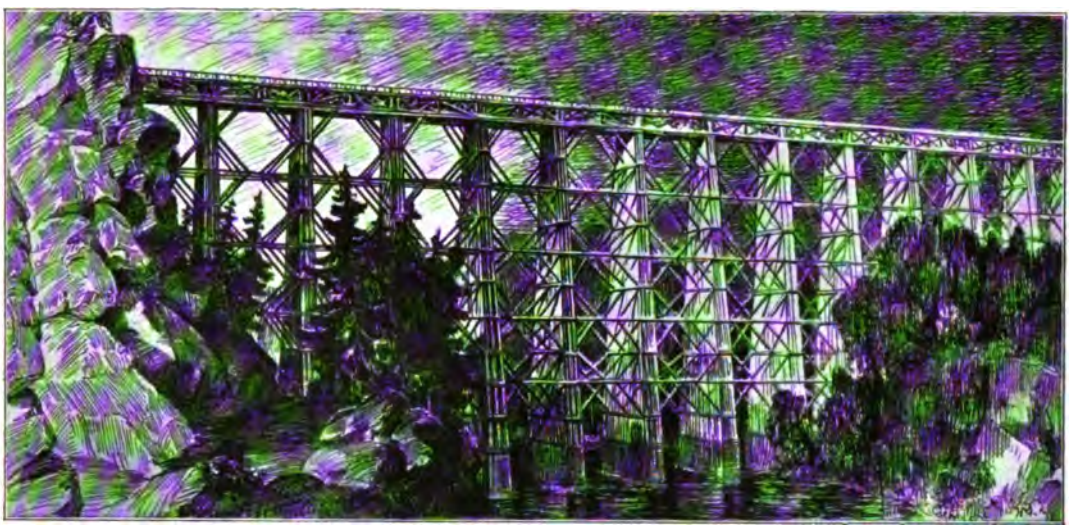
Abb. 12. Brücke über den Firth of Forth bei Edinburgh.

Die »Fachwerkträger« sind die Hauptglieder des heutigen Eisenbaues. Sie spannen sich als Brücken zwischen die Wege, als Decken mannigfachster Form über die Hallen, bilden Wände und steigen als Türme auf.

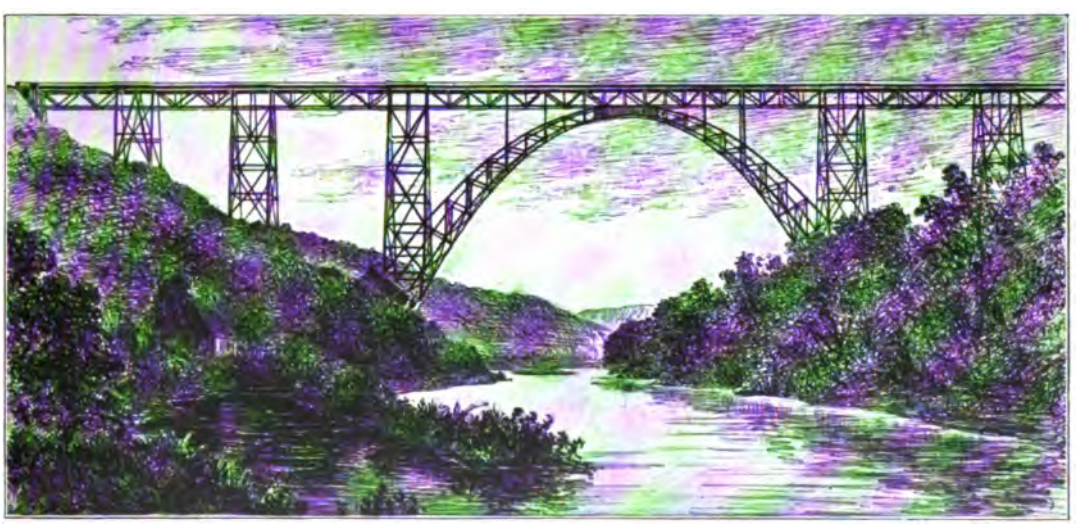
Auf der Kombination der Fachwerke beruht der »Gerüststil« des Eisens. Jeder einzelne Fachwerkträger selbst ist ein versteifter Rahmen. Wo er offen bleibt, kann das Auge die Überleitung der struktiven Kräfte auf die einzelnen Punkte unmittelbar verfolgen; wo er — was verhältnismäßig seltener geschieht — durch Bleche geschlossen wird, ist das struktive Gerüst noch als solches erkennbar.



Pont du Gard bei Nîmes



Portage-Talbrücke der Erie-Eisenbahn



Talbrücke bei Müngsten

Das soll es in voller Klarheit auch im Totaleindruck des Bauwerkes bleiben, so groß immer die Zahl und der Maßstab der zu ihm verbundenen Fachwerke ist. Allein gerade die gewaltigsten Konstruktionen dieser Art genügen dieser stilistischen Forderung oft am wenigsten. Der Abstand der einzelnen Fachwerkglieder und der einzelnen Fachwerksysteme voneinander wird da so groß — oder so klein —, daß sich der rhythmische Zusammenhang löst oder verwirrt; ein Beispiel ist die Forthbrücke (Abb. 12 u. Tafel I). Stilistisch ist dies ein Fehler. Aber die Natur des »neuen Stoffes« kommt gerade in der erstarrten Unruhe solcher Großkonstruktionen vielleicht am mächtigsten zur Geltung: sie ist gleichsam ein ungebändigter Rest des bewegten Urelementes, dem das Eisen seine Entstehung dankt.

* * *

Was die hier angedeuteten Unterschiede der Baustoffe für den *Baustil* bedeuten, läßt sich als Grundlage für alle späteren Erörterungen am unmittelbarsten an drei Großkonstruktionen zeigen, die für den gleichen Zweck und in annähernd gleichem Maßstab ausgeführt sind: dem *steinernen Pont du Gard* bei *Nîmes*, der *hölzernen Portage-Talbrücke* der *Erie*-Eisenbahn und der *eisernen Talbrücke* bei *Müngsten* (s. Tafel II).

Bei allen dreien handelt es sich um durchquerende Raumausfüllung; alle drei wollen diese nicht durch Vollwände bieten, sondern mit dem nur eben für die Überbrückung nötigen Materialaufwand. Der Steinbau muß dabei mit Mauern rechnen — für den Holz- und Eisenbau genügen Stäbe; dort durchbrochene Massen, hier offene Gerüste. Die Steingewölbe vermögen die gewaltige Höhe nur durch ein Übereinander von Bogensystemen auszufüllen: durch einen Stockwerkbau von Bogenreihen — die von vornherein in der Längsrichtung ausgedehnten Holz- und Eisenstäbe ragen vom Boden bis zur nötigen Höhe als ununterbrochene Einheiten auf: als turmartige, wagerecht verbundene Stützen der Fahrbahn. Bis dahin bleiben die beiden Holz- und Eisenbauten in ihrem gemeinsamen Gegensatz zum Steinbau einander prinzipiell gleich. Aber bei der Eriebrücke treten die turmartigen Stützen dicht aneinander und tragen die Fahrbahn allein — bei der Müngstener Brücke sind sie weit auseinander gerückt, und die Hauptaufgabe der Überbrückung löst ein einziges, zwischen den beiden inneren Stützen selbständig zu deren Höhe aufgewölbtes Bogengerüst.

Und nun vergleiche man die drei Gesamtbilder im Hinblick auf die dabei als Durchsichtigkeit wirkende Leichtigkeit, man prüfe die Linienverbindungen im ganzen und in den einzelnen Übergängen; man vergleiche Rhythmus und Tempo, in denen das struktive Leben pulsiert!

Unter allen diesen Gesichtspunkten offenbart der Eisenbau die in diesem Buch maßgebende Natur seines Stoffes, die Wirkung des rationellsten Baumateriales, das die konstruktive Aufgabe mit dem geringsten Volumen und auf dem kürzesten Wege am schnellsten löst. Bei allen drei Werken ist das Bauen ein Kombinieren von Kräften. Aber wie diese selbst, so ist auch die Art ihrer Verwendung eine grund-

sätzlich verschiedene. Bei der Steinbrücke ist es ein Formen, das Masse mit Masse homogen vereint; das hölzerne und eiserne Stabwerk wird zusammengestellt, es wird *kon*struiert. Die struktiven Kräfte verdichten sich gleichsam zu Kraft-*Linien*, und diese werden zu bestimmten *Punkten* hin- und zusammengeleitet.

Das ist weniger ein »Formen« als — ein »Verbinden«. Die rein verstandesmäßige Erwägung gewinnt größere Macht. Deren theoretische Tätigkeit ist in diesem Falle das Zerlegen und Summieren der Kräfte, also ein »Rechnen«. Bei jeder Eisenkonstruktion geht dieses dem »Bauen« voran.

II.

RECHNEN UND BAUEN.

»Die Seele von dem, was Menschen schaffen, ist die Vernunft, ihre Mittel: ihre Berechnung, und die Folgen der Anwendung von Vernunft und Berechnung kann die sicherste und reinste Schönheit sein».

Van de Velde.

Berechnungsmethoden der Stand- und Tragfähigkeit — das bedeutet, wie bei vielen verwandten Errungenschaften: Ergänzung der Praxis und Empirie durch die Theorie, Zusammenfassung vereinzelter Kenntnisse zu einem System, Erweiterung eines geistigen Sonderbesitzes zu einem Allgemeingut, Ausbildung eines »Wissens« zu einer »Wissenschaft«.

Wann und auf welchem Wege ward dieser folgenschwere Schritt beim Bauen getan?

Das Tempo der Entwicklung ist auch hier, wie bei der Geschichte des Eisens als Baustoff, ein völlig ungleiches. Jahrtausendelang bleibt sie nahezu auf dem gleichen Punkt, dann ein zunächst ruckweises Vordringen, zuletzt, im 19. Jahrhundert, ein ununterbrochenes Vorwärtseilen von Erfolg zu Erfolg, das die Ergebnisse aller früheren Zeiten weit hinter sich läßt.

* * *

Die älteste Baulehre, die wir besitzen, das Werk Vitruvs, leitet das Wesen der Architektur aus zwei Quellen ab[1]: aus der »fabrica« und der »ratiocinatio«. Man hat diese Worte durch »Praxis« und »Theorie« übersetzt, und in der Tat erklärt sie Vitruv selbst in ähnlichem Sinn: »fabrica« sei die »kontinuierliche« Erfahrung, welche die handwerkliche und zweckgemäße Bautätigkeit bietet; »ratiocinatio« die Fähigkeit, »das handwerksmäßig Hergestellte durch inneres Verständnis und auf Grund der Verhältnisgesetze zu erklären und zu erörtern«: »quae res fabricatas solertia ac ratione proportionis demonstrare atque explicare potest.«

Allein als den größten Nutzen der Theorie betont Vitruv — einen gesellschaftlichen Vorteil: diejenigen Architekten, denen die theoretische Schulung fehle — »qui sine literis contenderant, ut manibus essent exercitati« —, könnten für ihre Leistungen nicht das rechte Ansehen erwerben. »Ratiocinatio« ist für Vitruv füglich etwa gleichbedeutend mit »Bildung«. Der Praxis gegenüber ist sie höchstens eine wünschenswerte Ergänzung, keineswegs eine notwendige Voraussetzung. Er nennt sie deren »Schatten«.

So dachte man in Rom zu Beginn der Kaiserzeit, am Anfang einer Epoche, die im Nutz- wie im Kunstbau zu den größten aller Zeiten gehört.

[1] De Architectura. Lib. I, Cap. I.

Jahrtausende früher war die Bautätigkeit der altorientalischen Welt auf ihren Höhepunkt gelangt, Jahrhunderte zuvor blühte die Architektur der Hellenen.

Bei diesen hatte die Wissenschaft der *Mechanik* begonnen. Die Untersuchungen des *Archytas* von Tarent sind nicht erhalten, aber *Aristoteles* erkennt und formuliert die Hebelwirkung als wissenschaftliches Problem, und mit der Schrift des *Archimedes* »De aequi-ponderantibus« beginnt die »*Statik*« in ihrer heutigen Bedeutung als »Lehre vom Gleichgewicht der unter Einwirkung von Kräften befindlichen Körper«. Allein die Blüte hellenischer Kunst ward von diesen Erfolgen wissenschaftlichen Denkens kaum berührt; ihre Architektur »reichte im großen und ganzen mit dem Instinkt und einzelnen Regeln aus«[1].

Standen doch zur Zeit des Archytas (400 v. Chr.) bereits die Tempel der Akropolis, und die Lehren des Aristoteles (287—212) konnten nicht mehr der hellenischen Baukunst nützen, sondern höchstens der hellenistischen!

Der ganzen Struktur dieser hellenistischen Zeit entspräche ein unmittelbarer Eingriff der Wissenschaft in die Kunst und eine Einwirkung der Statik auf die Wege und Ziele der Konstruktionen. Doch auch dafür fehlen bisher Belege. Völlig klar sehen wir in diese Verhältnisse während des Altertums überhaupt nicht; weder Schulung noch Praxis seiner Baumeister und Ingenieure ist uns überliefert[2]. Allein der prinzipielle Vorgang selbst, dem die Mechanik im Altertum ihre Entwicklung zu einer Wissenschaft dankt, spricht *gegen* deren unmittelbaren, zielbewußten Einfluß auf die Praxis. Von dieser geht sie aus, aber ihre Erfahrung bleibt eine instinktive[3]. Das Experiment, soweit es die Griechen überhaupt verwandten, und vollends die begrifflichen Schlußfolgerungen aus ihm treten aus dem Arbeitsgebiet der Bauleute heraus.

Eine weitere Stütze für die Richtigkeit dieser Annahme bringt das Verhältnis der antiken Architektur zur *Arithmetik* und *Geometrie*. Auch sie dienen nicht der Statik, sondern — dem Veranschlagen und der Proportionslehre. »Durch die Arithmetik« — sagt Vitruv[4] — »werden die Kosten der Gebäude berechnet, die Maßeinteilungen entwickelt und schwierige Fragen der Verhältnisse sowie des Ebenmaßes nach geometrischen Gesetzen und Regeln gelöst.« Die Geometrie »lehrt den Gebrauch des Richtscheites und des Zirkels, mit denen die Grundrisse der Bauten aufs leichteste verfertigt werden, ferner die Handhabung des Winkelmaßes, der Setzwage und der Schnur«[5], Von den Hilfen der Arithmetik und Geometrie für statische Ermittlungen aber ist bei Vitruv, der doch beispielsweise schon die Wirkungen des Erdschubes erörtert, nicht die Rede.

---

[1] Vergl. F. Th. Vischer, Ästhetik III, I, § 516. Ähnlich urteilt auch noch Kurt Merckel a. a. O., z. B. S. 498 auch hinsichtlich der Entwässerungs- und Bewässerungsanlagen der Griechen. Daß bei den antiken Bauausführungen genaue Zeichnungen vorlagen, ist selbstversändlich. Ebenso in Rom. So schrieb Nomius Datus, er habe für seinen Tunnel in der Nähe von Lambäsis »Pläne und Schnitte des ganzen Werkes gezeichnet« (Merckel a. a. O., S. 577).

[2] Vergl. die dürftigen Angaben darüber bei Merckel a. a. O., Kap. VII, S. 596 ff.

[3] Vergl. E. Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung historisch-kritisch dargestellt. 2. Auflage Leipzig 1889.

[4] A. a. O., Lib. I, Cap. I. »Per arithmeticen vero, sumptus aedificiorum consummantur, mensurarum rationes explicantur, difficilesque symmetriarum quaestiones geometricis rationibus et methodis inveniuntur.

[5] Vergl. Kurt Merckel a. a. O. S. 597.

Nur auf der Praxis fußende Empirie war es, die im Altertum die Pyramiden erbaute und die Obelisken errichtete, die Tempel erdbebensicher machte, die riesigen Spannweiten überwölbte und die gewaltigen Brücken, Wasserleitungen und Hafenanlagen schuf, die sogar die Achsen eines Tunnels »einigermaßen zu bestimmen wußte«[1]. Neben dem statischen Wissen bildete die statische Wissenschaft eine Welt für sich.

Im *Mittelalter* verschwindet diese selbst: in der Geschichte der Naturwissenschaften und daher auch in der gesamten Mechanik ist hier ein fast leeres Blatt. Aber wie in der Naturkunde des Mittelalters für die Ergebnisse wissenschaftlicher Forschung mannigfache Kenntnisse der natürlichen Vorgänge Ersatz boten, so auch in der Mechanik. Die »schiefen Türme« italienischer Städte verkörpern das sichere Vertrauen zur richtigen Schwerpunktsbestimmung selbst da, wo das naive Gefühl an der Stabilität zweifeln muß. Die mittelalterlichen Gewölbekonstruktionen vollends, die von tastenden Versuchen zu höchster Kühnheit aufstiegen, sind Ergebnisse einer durch jeden Bau und jeden — Einsturz vermehrten Erfahrung, die sich in einer immer größeren Summe praktischer Regeln fortpflanzte von Geschlecht zu Geschlecht, von Land zu Land.

Selbsverständlich spielte dabei die geometrische Figur eine Hauptrolle. Die Bauhütte stand allen offen, die — wie die Formel lautet — »nach den Regeln der Geometrie arbeiteten«.

Diese »Regeln« betrafen zweifellos auch statische Verhältnisse. Einen Nachklang daran bietet beispielsweise das bekannte, Bramante zugeschriebene Gutachten über den Vierungsturm des Mailänder Domes, wo für die »forteza«, die Stabilität dieses Turmes, an Stelle des Achtecks ein Quadrat mit dem Grundsatz empfohlen wird: »Chi in sul quadro s'afonda, sul drito s'aponta«[2]. Das klingt wie ein statischer Memorialvers. Aber die Lehre, die es enthält, und die Cesariano 1521 in seiner Vitruvübersetzung bei gleicher Gelegenheit wiederholt, ist doch keinesfalls eine Entdeckung statischer Wissenschaft! Und gerade Cesarianos geometrische Schematisierung des Mailänder Turmes, dessen Querschnitt und Aufriß er in ein Gradnetz von gleichseitigen Dreiecken einzeichnet, bezeugt, daß es sich bei diesen vielerörterten »Triangulaturen« und »Quadraturen« »more Germanico« in erster Reihe nicht um die Ermittlung statisch wirkender Kräfte handelt, sondern um die statisch überzeugender Proportionen. Auch der Nachweis der Gegenwart, daß das gleichseitige Dreieck bei einer ganzen Reihe gotischer Kirchen den Aufbau tatsächlich bestimmt hat[3], will und kann nur in diesem Sinne gedeutet werden. Er ist nicht sowohl ein Beitrag zur mittelalterlichen Statik als zur mittelalterlichen Ästhetik[4]. Geometrische Hilfskonstruktionen wurden vor allem beim Steinschnitt benutzt. Von ihrer Anwendung in den mittelalterlichen Bauhütten zum Zweck statischer Ermittlungen hören wir ebensowenig wie im Altertum.

[1] Merckel a. a. O., S. 592.

[2] Vergl. Boito, Il Duomo di Milano. Milano 1889, p. 230 f.

[3] Vergl. besonders Dehio, Untersuchungen über das gleichseitige Dreieck als Norm gotischer Bauproportionen. Stuttgart 1894.

[4] Über die Entwicklung der wissenschaftlichen Perspektive und ihre Beziehung zum konstruktiven Zeichnen vergl. C. Winterbergs Einleitung zu seiner Ausgabe der »Prospectiva pingendi des Petrus Pictor Burgensis« I. Straßburg 1899, S. 39 ff.

In der *Renaissance* mußte sich das Verhältnis zur Bautheorie ändern. Das lag im Geist der Zeit selbst. Die »causarum cognitio«, die Kenntnis von den Ursachen der Dinge, erschien als des Menschen würdigste Aufgabe. »Mußt zuerst die Theorie beschreiben und hierauf die Praxis!« — mahnt Lionardo da Vinci[1] — »sonst bleibst du ein Pilot auf einem steuerlosen Schiff!« In alle Künste drang das wissenschaftliche Bewußtsein von der Gesetzmäßigkeit der darzustellenden Natur[2]; den Malern dünkte insbesondere die *Perspektive* ein wahrer Talisman.

Welche Stellung erhielten nun Mechanik und Statik in der Architektur?

Zuverlässige Antwort darauf gibt die erste große Baulehre, die das Wollen und Wissen der italienischen Renaissancearchitekten zusammenfaßt: *Leone Battista Albertis* »De re aedificatoria« (1452 vollendet). Sein Anschluß an Vitruv[3] ist ein mehr äußerlicher und wird für die hier maßgebenden Gesichtspunkte im wesentlichen nur dadurch wichtig, daß auch Alberti gleich Vitruv bei der Gesamtanordnung des Stoffs die »firmitas« und »utilitas« der Bauten ihrer »venustas« voranstellte. Daß er den Unterschied zwischen dem »Architekten« und dem »Bauingenieur« nicht kennt, ist selbstverständlich. Der Architekt ist für ihn der König über das gesamte Gebiet baulichen und konstruktiven Schaffens »Magna est res architectura!« Unter diesem Motto behandelt Alberti nach dem Muster Vitruvs also auch den Brücken- und den Wasserbau sowie einzelne Maschinenelemente. Er verlangt daher vom Architekten mechanisches und, wie vom Maler[4], auch mathematisches Wissen[5]. So erörtert Alberti im Anschluß an Archimedes und Vitruv nicht nur die Mittel zum Heben und Fortbewegen von Lasten[6], wie den Hebel, den Flaschenzug, Räder, Rollen, Walzen u. s. w., sondern auch die dabei maßgebenden Grundprinzipien des Gleichgewichts — »omnium est quidem ratio ex principiis ducta *librae*!« — und die der Bewegung[7]. Er verwahrt sich freilich selbst ausdrücklich dagegen, mit den Theoretikern von Fach etwa wetteifern zu wollen: nicht als Mathematiker, sondern als Baumeister wolle

---

[1] Vergl. Lionardo da Vinci, der Denker, Forscher und Poet. Ausgabe von Marie Herzfeld. Leipzig 1904, S. 2 f.

[2] F. Th. Vischer a. a. O.

[3] Uber das Verhältnis Albertis zu Vitruv vergl. Paul Hoffmann, Studien zu L. B. Albertis zehn Büchern, »De re aedificatoria«. Leipzig. Inaugural-Dissert. 1883. Leonis Baptistae Alberti .... libri De re aedificatoria decem. Erste Druckausgabe Florenz 1485. Im folgenden nach der Pariser Ausgabe von 1512 zitiert. Italienische Ausgabe der ersten Bücher in den Opere Volgari ed. Bonucci. (Übersetzung von Bartoli.) Die Verbreitung in Frankreich besonders durch Fortunatus Duraeus und Geoffroy Tory de Bourges, in Deutschland durch Johannes Kircher aus Schlettstadt.

[4] Vergl. den Anfang seines Buches: Della Pittura.

[5] Darauf weist schon am Beginn seines ganzen Werkes seine berühmte »Definition« hin, »architectus« sei, wer »durch eigenes, wundersames Wissen uud Können alles erlernt habe, was durch Bewegung und Verbindung körperlicher Gebilde in schönster Weise den Bedürfnissen der Menschen entspricht«. Ed. 1512, Fol. 1 »quaecumque ex ponderum motu corporumque compactione et coaugmentatione dignissimis hominum usibus bellissime commodentur«.

[6] A. a. O., Lib. VI, Cap. VI, Fol. LXXXVI. »Quemadmodum maximorum lapidum moles ac pondera facilius moveantur aliorum prius indicio: et naturali quidem ac philosophico«, und Cap. VII: »De trocleis (Flaschenzug) vestibus rotulis rotis et earum partibus magnitudine formis et figuris aptioribus«.

[7] A. a. O., Fol. LXXXVII »rerum movendarum rationes«.

er über diese Dinge reden[1], allein er sagt doch, Zeichnen (pictura) und Mathematik seien für den Architekten so unerläßlich, wie für den Dichter Laute und Silben[2]. Wie den Traktat über die Malerei, so beginnt er auch seine Baulehre mit den Elementen der Geometrie, mit Erörterungen des Punktes, der Linien, Winkel, Flächen u. s. w.[3]. Die mathematischen und mechanischen Kenntnisse, die Alberti vom Architekten verlangt, werden von ihm bereits in sichtlicher Beziehung zur Baukonstruktion formuliert, in der Mechanik: die Lehre vom Gleichgewicht, von der Bestimmung der Flächen und Körper nach Maß und Gewicht[4]; in der Geometrie: die auf die Verbindung von Winkeln, Zahlen und Linien gestützte Methode — »*peritia . . . quae angulis una et numeris et lineis mista ad usum est excogitata*«[5]. Das letztere könnte auf graphische und arithmetische Berechnungsweisen anspielen. Dafür spräche auch Albertis Bemerkung, er selbst habe auf diesem Wege oft erkannt, daß sein Entwurf undurchführbar sei — »cum ad lineas redegissem, errores inveni«[6]. Allein auch er scheint dabei doch nicht sowohl statische Verhältnisse im Sinne zu haben, als vielmehr wiederum die Proportionslehre in ästhetischer Hinsicht. Von den Zahlen und Maßen, den Quadrat- und Kubikwurzeln spricht er vorwiegend im Hinblick auf die Grundrißgestaltungen[7] und insbesondere auf den musikalischen Rhythmus und die Formenharmonie (concinnitas)[8]. Und was Albertis Buch unmittelbar über statische Fragen enthält, vor allem über die Tragfähigkeit der Bogen und Gewölbe sowie über ihre Widerlager, beschränkt sich meist auf sachliche Angaben des Praktikers[9]. Daß die damit verbundenen theoretischen Fragen Alberti, der von seinem vierund-

[1] A. a. O., Fol. LXXXVIII. Die gleiche Stelle am Anfang des Traktats über die Malerei. Dennoch wurde Alberti von den Zeitgenossen sogar mit Euklid verglichen, so von Ugolini Verrini (de illustratione urbis Florentiae libri tres).

[2] A. a. O., Lib. IX, Cap. IX, Fol. CLI verso: »Verum pictura et mathematica non carere magis poterit quam voce et syllabis poeta. Atque haud scio an sit ea satis vel mediocriter praecepisse«.

[3] A. a. O., Lib. I. De Lineamentis Cap. VI, Fol. IX ff.

[4] A. a. O., Lib. IX, Cap. IX, Fol. CLI verso »Qualia sunt quae de ponderibus, de superficiebus corporibusque metiendis traduntur: quae illi (die Mathematiker von Fach) podismata embadaque (Vitruv) nuncupant«. Emabata. cf. Embater. Vitruv. = Grundmaß modulus = $^1/_2$ U.D.

[5] A. a. O.

[6] A. a. O., Lib. IX, Cap. IX, Fol. CLI verso: »De me hoc profiteor, multas incidisse saepius in mentem conjectationes operum, quae tum quidem maiorem in modum probarim eas cum ad lineas redegissem, errores inveni in ea parte ipsa quae potissimum delectasset, et valde castigandos. Rursus cum perscripta pensitavi, et numero metiri adorsus sum, indiligentiam cognovi meam atque redargavi.

[7] A. a. O., Lib. IX, Cap. III, Fol. CXXXIX und Cap. VI, Fol. CXLIV. »Numerorum in dimetiendis areis corrispondentia« vergl. die Erörterungen der Tempelgrundrisse Lib. VII, Cap. IV, Fol. XCIX.

[8] A. a. O., Lib. IX, Cap. V, Fol. CXLIII ff.

[9] So fordert er für die Stärke der Brückenpfeiler ohne weitere Begründung ein Drittel der Spannweite. (A. a. O., Lib. VIII, Cap. VI, Fol. CXXVI verso: »Pilae fient inter se numero et amplitudine compares. Earum crassitudini dabitur apertionis tertia«. — Schon Hoffmann hat a. a. O., S. 42 hervorgehoben, daß Alberti, während er sich über Steinbrücken ziemlich ausführlich äußert, von Holzbrücken nur Caesars Beschreibung der Rheinbrücke (de bell. Gall. IV, 17) gibt: ein Beweis dafür, »wie für Alberti eine Sache durch die Berufung auf die Antike erledigt wird«. Daß der zuverlässigste und leistungsfähigste Bogen der Rundbogen bliebe, sei evident und ließe sich auch theoretisch beweisen (»ratione argumentoque«); er dürfe aber nicht kleiner sein als der Halbkreis vermehrt um ein Siebentel des Radius. (A. a. O., Lib. I, Cap. XII, Fol. XVI [»arcus rectus«]: »Sed omnibus apertionibus quibus arcus ducitur curandum est, ut ille quidem arcus non minor quam circuli dimidia pars parte addita semidiametri septima.« »Nam apud peritos compertum affirmant, hunc esse omnium suum ad perennitatem accomodatissimum. Ceteros vero omnes arcus esse putant imbecilles ad ferendum onus: et promtos atque expositos ad ruinam«. Vergl. a. a. O., Lib. III, Cap. XIII, Fol. XLIII.

zwanzigsten Jahre an mit Vorliebe mathematische Studien trieb, besonders stark angezogen und beschäftigt hätten, ist aus seinem Lehrbuch jedenfalls nicht ersichtlich, obschon dasselbe doch sonst so ungemein ausführlich bei technischen Dingen verweilt. Allerdings begnügt sich der »scrutator assiduus«, der im Forschen Unermüdliche, nicht mehr mit den nackten Regeln, sondern er ordnet diese dem ganzen, mit weitem Blick für den Zusammenhang der Dinge entworfenen Lehrgebäude ein; aber man spürt, daß diesen Regeln selbst doch noch immer lediglich die alten, vereinzelten, in ununterbrochener Überlieferung während des Mittelalters erhaltenen Erfahrungen zu Grunde liegen. Von der Mathematik und Mechanik bietet schließlich auch Alberti nur »das Allergewöhnlichste und Unentbehrlichste«. Das Verhältnis der Theorie zur Praxis ist auch hier noch höchstens das der Erklärung zur bekannten Tatsache, keinesfalls die Ableitung von Einzeltatsachen aus einer allgemeinen, wissenschaftlichen Theorie. Der gebildete Humanist, der zu seinesgleichen spricht, steht ungleich höher als Vitruv und vollends als die Werkleute der mittelalterlichen Bauhütte, aber ein Zeuge für die Ausbreitung statischer Wissenschaft ist er nicht.

Ebensowenig ist es der Mann der architektonischen Tat, der auch in seinem Wissen so recht das Idealbild Albertis vom Renaissancearchitekten erfüllt: *Brunelleschi*[1], trotz seiner immer wieder gerühmten Fähigkeit, schwierige Hebevorrichtungen und Aufzugsmaschinen zu ersinnen, und trotz seiner konstruktiven Meisterleistung, der Einwölbung der Florentiner Domkuppel.

Brunelleschi ist vor allem Konstrukteur und Baumeister, Alberti Humanist; das Forschen als Selbstzweck dagegen verkörpert sich in *Lionardo da Vinci*. Durch die ungeheure Gedankenwelt seiner aphoristischen Aufzeichnungen rauscht der Geist der Zukunft. Auch er geht von der Empirie aus, aber »er erhebt sie zu einer Methode, und damit beginnt die moderne Zeit, die moderne Wissenschaft«[2]. Und gerade bei Lionardo erhalten die »mathematischen Wissenschaften« eine Stellung wie nie zuvor. »Wo man sie nicht anwenden kann«, gibt es für ihn überhaupt »keine Gewißheit«[3]. Die Probleme des Gleichgewichts und der Bewegung durchdenkt er als Ergebnisse von Naturgesetzen und löst sie in einer ganzen Reihe von Einzelfragen *vor* Stevinus, Ubaldi, Galilei. Er setzt sie bei seinen Maschinen auch in die Praxis um[4]. Wenn irgend einer unter den Forschern und Künstlern der Renaissance, so wäre Lionardo zum Begründer einer «statischen Wissenschaft« berufen gewesen. Allein tatsächlich erörterte er nur einige ihrer Grundlagen. Der Weg, der von diesen

---

De flexilineis tectis, arcubus, eorum differentia et extructione. Mit Berufung auf den Ausspruch Varros: »in arcuatis operibus dextra non magis stare ex sinistris quam sinistra ex dextris). »Beim Halbkreisbogen seien Zugstangen unnötig.) Doch betont auch Alberti schon, daß die Tragkraft des Spitzbogens durch die Belastung wachse. (»Tam etsi compositi arcus istiusmodi ponderibus confirmentur superadiectis magis quam opprimantur«.) Bei Albertis Erörterung der verschiedenen Gewölbearten, bei der er von Vitruv ganz unabhängig bleibt, tritt der statische Gesichtspunkt überhaupt wenig hervor. (A. a. O., Lib. III, Cap. XIV, Fol. XLIV ff., vergl. auch Hoffmann a. a. O., S. 49, wo Albertis Selbständigkeit betont wird.)

[1] Vergl. C. v. Fabriczy, Filippo Brunelleschi. Stuttgart 1892. Kap. VIII, Brunelleschi als Ingenieur und Mechaniker, S. 339 ff.

[2] Marie Herzfeld a. a. O., Einleitung S. CX.

[3] A. a. O., Text S. 3.

[4] Vergl. neben den Schriften Paul Müller-Waldes besonders: Hermann Grothe, Lionardo als Ingenieur und Philosoph.

zu den statischen Aufgaben der Baukonstruktionen führt, lag abseits der Pfade Lionardos, dessen Allseitigkeit ohnehin gerade die Architektur das fernste Gebiet blieb, und der jede nur formelhafte Fassung eines wissenschaftlichen Ergebnisses verschmähte. Ferner aber: seine Kenntnisse waren das Sonderwissen eines Begnadeten, der seiner Zeit mit den Riesenschritten des Genies vorausgeeilt war und seine Entdeckungen für sich selbst machte und behielt. Aus Lionardos mathematischen und mechanischen Erörterungen auf das Allgemeinwissen der Architekten seiner Zeit zu schließen, wäre ebenso verfehlt, wie etwa aus dem Gesichtskreis Dantes die gleichzeitige Durchschnittsbildung ermitteln zu wollen.

Etwa 120 Jahre nach dem Werk Albertis erhielten die italienischen Renaissancearchitekten ein neues »Lehrbuch«, diesmal von einem Baukünstler, dessen höchste Bedeutung gerade auf der inneren Gesetzmäßigkeit seines Schaffens beruht. *Andrea Palladio* ward der Gesetzgeber der Baukunst für Jahrhunderte[1]. Aber seine Lehre ist im wesentlichen Formenlehre. Der humanistische Zug zu allumfassender Wissenschaftlichkeit, der Alberti bestimmt, tritt bereits zurück. Zu seiner Befriedigung genügte das nun allgemein verbreitete Werk Vitruvs. Und in *Palladios* Lehrbuch der Architektur, dessen dritte Abteilung als »Öffentliches Bauwesen« den Straßen- und insbesondere den Brückenbau sehr ausführlich behandelt, der bei dem letzteren als Rekonstruktionen[2] und Entwürfe Palladios selbst einige der wichtigsten Beispiele der hölzernen Hänge- und Sprengewerke der Renaissance zeigt, ist von statischen Grundsätzen und überhaupt von statischen Gesichtspunkten weitaus weniger die Rede als in dem Buch Albertis. Auch das ist ein Zeichen der Zeit! Die Hochrenaissance betrachtete die wissenschaftlichen Kenntnisse nicht mehr als Entdeckerin, sondern schon als Besitzende. Das konstruktive Können des Architekten wird vorausgesetzt. Die Hauptkunst ist auf das Formale eingestellt. In Vignolas Lehre von den Säulenordnungen gewinnt dies völlig die Oberhand. Ähnlich wie die Italiener dachte in Frankreich *Philibert de l'Orme*, ja er sieht in dem Anwachsen theoretischer Studien eine Grundgefahr für die Architektur: »Il nous faut penser, qu'il y a aujourd'hui peu de vrais architectes, il en est qui se sont *arrêtés aux lettres seules* et *démonstrations géométriques*, ce qui fait que seulement ils ont suivi *l'ombre* de ce beau corps d'architecture, sans aucunement parvenir à la vraie connaissance de l'art!«

So erscheint also die gesamte Baukunst der Renaissance auch im Spiegel ihrer Lehrbücher mehr als eine Glanzzeit konstruktiven und künstlerischen Könnens als theoretischen Wissens.

Das bezeugen auch ihre Werke selbst. Die heutige wissenschaftliche Statik kann die Kuppelkonstruktionen des Florentiner Domes und der Peterskirche nicht in jeder Hinsicht gut heißen, aber diese Riesenwölbungen, ihrem Umriß nach die schönsten der Welt, stehen noch heute, und ihre Spalten, Verbeulungen und Verzerrungen sind weniger die Folgen schlechter konstruktiver Maßnahmen als schlechter Ausführung. Dennoch kommt auch der beste heutige Kenner dieser Konstruktionen, Joseph

[1] Erste Ausgabe: I quattro libri dell' architettura. Venezia 1570.

[2] Dabei spielt, wie bei allen Gelegenheiten dieser Art, Caesars Rheinbrücke eine Hauptrolle. Vergl. zu ihr auch Merckel a. a. O., S. 286 f.

Durm[1], zu dem Schluß, daß diese Renaissancemeister wohl nicht »gerechnet« haben, daß sie sich auch »über gewisse Kräftewirkungen nicht immer im klaren waren«. Aber »ihr sicheres statisches Gefühl, gebildet an den Konstruktionen ihrer Vorfahren, die sie auf Herz und Nieren prüften, und die ihnen in Fleisch und Blut übergingen, hat sie nie im Stiche gelassen«. Freilich waren sie eher zu vorsichtig als zu kühn. Sie vervielfältigten die statisch wirksamen Mittel und erreichten den Schein leicht aufsteigender Wölbung mit einem großen Aufwand von Material. »Rationelle Konstruktionen« sind diese Steingewölbe der Renaissance nicht!

Eher noch sind es die *hölzernen Dachstühle* und die als Hänge- und Sprengewerke zusammengesetzten Baugerüste. An ihnen ließen sich die *Wirkungen der Zug- und Druckkräfte* unmittelbarer erproben und studieren.

Allein um solche Erwägungen vom Bau- und Zimmerplatz in die Studierstube des Gelehrten hinüberzutragen zu wissenschaftlich systematischer Durcharbeitung, dazu bedurfte es einer vollständigen Wandlung des ganzen geistigen Lebens. Was der Genius Lionardos einst in seiner verschwiegenen Riesenwerkstatt begonnen hatte, gewann in *Galilei* und *Newton* die werbende Kraft reformatorischer Gedanken und drang mit unaufhaltsamer Macht vorwärts. Und gerade die Gesetze der Körperwelt hatten dabei die ersten und höchsten Probleme geboten und die am gewaltigsten nachwirkenden Lösungen gefunden. Daran mußten auch die spezielleren »statischen« Grundlehren teilnehmen. Nun in der Tat beginnt seit dem Altertum die zweite Hauptperiode ihrer wissenschaftlichen Theorie[2]. An ihrer Spitze steht das von *Galilei* selbst behandelte und nach ihm benannte statische »Problem« des Balkens, dessen eines Ende in eine Wand eingemauert ist und der durch sein eigenes oder ein hinzugefügtes Gewicht zum Bruch kommt: die erste »Theorie der Biegungsfestigkeit«[3].

Galilei ward auch zum Förderer rationeller Konstruktion; er fand, daß Hohlkörper den Biegungskräften wesentlich besser widerstehen als gleich schwere Vollkörper.

1. Statische Theorien.

Die Grundprinzipien der eigentlichen *Statik* als der Lehre vom Gleichgewicht sind in den Zeiten Galileis bereits vollständig erkannt. Ihre weitere wissenschaftliche Entwicklung geht derjenigen der *Dynamik*, als der ebenfalls mit Galilei beginnenden Lehre von der Bewegung der Körper, parallel.

Die Vervollkommnung der Elastizitätslehre, insbesondere der Theorie der Biegefestigkeit, durch *Hooke* und *Mariotte* bis zu den von *Euler* aufgestellten Gleichungen

---

[1] Vergl. Zwei Großkonstruktionen der italien. Renaissance. Zeitschr. f. Bauwes. XXXVII, 1887, Heft VII—IX und: Die Kuppel der Kirche Sa. Maria dell' Umiltà in Pistoja a. a. O., 1902.

[2] Die folgende geschichtliche Skizze stützt sich insbesondere auf G. Chr. Mehrtens, Vorlesungen über Statik der Baukonstruktionen und Festigkeitslehre. I. Bd. Leipzig 1903, S. 77 ff. — Vergl. G. Winkler, Abriß der Geschichte der Elastizitätslehre in Techn. Blätter. 1879. — Navier-Saint-Venant, L'application de la mécanique. IIIe. édit. Paris 1864. S. XC ff. »Historique abrégée des recherches sur la résistance et sur l'élasticité des corps solides.« — Cantor, Geschichte der Mathematik.

[3] Fortgesetzt für den auf beiden Enden unterstützen Balken durch Blondel (1661), Marchetti (1669), Fabri und Grandi (1660—1700), vergl. Mehrtens a. a. O., S. 77.

für die Knickfestigkeit förderte auch die Berechnung der Stabwerke. Im letzten Drittel des 18. Jahrhunderts gibt *Coulomb* die richtige Lage der Gleichgewichtsachse (der »neutralen Linie«), berechnet die in ihrer Bedeutung schon von Lionardo erkannten »Momente« der statischen Kräfte und berücksichtigt zum ersten Male die in der Querschnittsebene auftretenden »inneren Kräfte«, die Scherspannungen.

Hand in Hand mit diesen Entdeckungen selbst hatten sich auch die analytischen und synthetischen Methoden ihrer Darstellung vervollkommnet. Zum numerischen Rechnen trat — besonders durch *Vieta* (1540—1603) — das Buchstabenrechnen mit abstrakten Größen, die Algebra; »der Ausdruck für die Beziehungen zwischen Ursache und Wirkung, zwischen dem Ganzen und seinen Teilen wurde die »*Gleichung*«. Derselbe Vieta führte der Analysis die graphische Darstellung zu, die dann im »Traité de Gnomonique« des *de la Hire* 1682 zur systematischen Begleitung und Ergänzung der arithmetischen Operation und der algebraischen Formel wurde. Die Stabilitätsuntersuchungen ließen sich also nach Formeln in numerischen Tabellen und nach verhältnismäßig einfachen graphischen Darstellungen ausführen, und in der Tat folgten sich nun Tabellen und Hilfsbücher solcher Art sehr schnell. Am bekanntesten und verbreitetsten wurden die französischen Werke eines *de la Hire, Parent, Fresier,* dann eines *Bélidor* und *Bossut.*

Dennoch blieb bis zum Ende des 18. Jahrhunderts in den Kreisen der Architekten und der Bauingenieure noch immer die praktische Erfahrung die einzige als zuverlässig erkannte und verwandte Macht. Belege dafür bieten wie in der Renaissance die übrigens auch damals noch sehr vereinzelten *theoretischen Baulehren,* insbesondere für den Brückenbau. Sie verwenden bereits jene genau detaillierten Pläne und Tabellen für die Stärke der Hölzer, wie sie beispielsweise *de la Hire* in seinem »Traktat von Zimmerwerken« für verschiedene Trägerlängen aufgestellt hatte. *Leupold,* der seinem 1726 im Anschluß an den französischen Ingenieur *Gautier* veröffentlichten »Theatrum pontificale« oder »Schauplatz der Brücken und Brückenbauer« die La Hiresche Tabelle beifügt[1], rühmt: »Es ist nun soweit gekommen, daß man weiß, wie dick und lang die geschnittenen Hölzer sein müssen, eine gewisse Gewalt bei einer Brücke oder einem anderen Werk zu erhalten. Die Extrema soll man vermeiden, wozu die Praxis gute Vorteile lehret. So man die Dicke und Länge der Hölzer nach einer gewissen Einteilung machet, ist man vor das Einfallen sicher. Diese Einteilung oder dieser Entwurf soll deutlich zeigen, wieviel Holz nötig, ihre Maße, seine Natur, Unterschied und Eigenschaften und endlich ein jedes Stück zu seinem Gebrauche bemerken«. Alle diese Angaben sind noch Erfahrungswerte, ohne Erläuterung der Berechnungsmethoden, und wie weit man darin noch zurück war, lehrt beispielsweise die ebendort abgedruckte Bemerkung *Gautiers* über die Widerlager steinerner Brücken: »Die alten gaben den Pfeilern von den Brücken zu ihrer Dicke den dritten Teil von der Weite des Bogens, welche Dicke sie zuweilen bis auf die Hälfte der Weite vergrößerten; heutzutage hat man gefunden, daß diese Dicke zu groß und hat sie kleiner angenommen als $^1/_4$—$^1/_5$ der Weite des Bogens. Weder die Alten noch die Neuen wissen raison darin zu geben, und so sie heutzutage gefordert würde, dürfte man in eben der Not stecken.«

[1] Vergl. Merckel, Zur Geschichte der Technik. Deutsche Bauztg. 1888, Nr. 46.

Um die Ausnützung dieser »raison« für die praktische Baukunst hatten sich die *Mathematiker* im 18. Jahrhundert selbst überhaupt nur wenig bemüht, und die Sprödigkeit der Architekten ihren Lehren gegenüber fand einen Hauptgrund in ihrer fast ausschließlich praktischen und formalen Schulung, von denen die letztere im wesentlichen auf die antik-klassischen Stile eingeschränkt blieb. Dieses Verhältnis betont schon 1789 der Mathematiker *Franz Gerstner,* wenn er in seiner als Doktordissertation der Prager Universität gedruckten kleinen »Einleitung in die statische Baukunst« sagt: »Bei den Fortschritten welche die mechanischen Künste seit einem Jahrhundert mit Hilfe der höheren Mathematik machten, traf die Baukunst das unverdiente Schicksal, ziemlich weit hinter den übrigen zurückzubleiben. Leibnitz und die Bernoully hatten zwar auch einigen Samen zu ihrer Vervollkommnung gestreut, indem sie die Kettenlinie für die schicklichste zu Gewölben erklärten. Allein außerdem, daß sich diese Linie *mit dem guten Geschmack der Alten nicht vertragen wollte,* konnten oder wußten die Baumeister von derselben keinen vorteilhaften Gebrauch zu machen, weil sie mehr die Schwerpunkte der Gewölbesteine als die Lehrbögen anzugehen schien.« Auch die seitens der Mathematiker — wie 1793 von *Helfenrieder,* Professor der Mathematik und Doktor der Theologie (!) an der Universität in Ingolstadt, mit seinen »Beiträgen zur bürgerlichen Baukunst« — in mehr populärer Form unternommenen Annäherungsversuche zwischen Mathematik und Praxis blieben erfolglos. Sie wurden von den Baupraktikern zuerst sogar mit größter Heftigkeit zurückgewiesen.

Der klassische Boden für diesen heute schon vergessenen und doch recht denkwürdigen Kampf ist wiederum Paris, und zwar unmittelbar vor und nach der Revolution. Der beredteste Gegner der Theoretiker war damals der tüchtige, aber bis zur Beschränktheit einseitige Architekt *Charles François Viel,* Baumeister der Pariser Hospitäler, Mitglied des »conseil des travaux publics« etc. Er veröffentlichte schon 1797 in seinem Hauptwerk: »Principes de l'ordonnance et de la construction des bâtiments«, neben den heftigsten Angriffen auf Soufflots teilweise von Mathematikern berechnete Konstruktionen an St. Geneviève (dem jetzigen Pantheon) und auf die Seinebrücke Peronnets, ein »Des dangers et de l'abus de la science du trait« überschriebenes Kapitel[1]. Aber dort beschränken sich seine Einwände im wesentlichen noch auf *ästhetische* Bedenken gegen Konstruktionen die dem »emploi des masses« widersprächen. Später, nachdem insbesondere der Gewölbeeinsturz des Pantheons 1804 die Zuverlässigkeit der Berechnungen auch vor der öffentlichen Meinung erschüttert hatte, schrieb Viel sein voluminöses Buch: »De l'impuissance des mathématiques pour assurer la solidité des bâtiments. 1805« und ging in einer ganzen Reihe von Gelegenheitsbroschüren zu einer immer heftigeren Tonart über, die sich während des Baues der Madeleinekirche in heute besonders ergötzlichen Tiraden äußerte: »En architecture, pour la solidité des édifices, les calculs compliqués, hérissés de chiffres et de quantités algébraiques, avec leurs ‚puissances', leurs ‚radicaux', leurs ‚exposans', leurs ‚coefficiens' ne sont nullement nécessaires.« »Il faut se défendre d'autant plus aujourd'hui de l'influence funeste des machinistes des *savans en x, y, z* (!) pour les constructions.«

Das ließ Viel 1818 drucken, sieben Jahre nach der Vollendung des ersten, großen, lediglich durch statische Berechnung ermöglichten Eisenhochbaues! Es war die

[1] A. a. O., S. 199 ff. (Kap. XXXIV).

1809—1811 ausgeführte Kuppel der *Halle au blé* in Paris. Das einst von Philibert de l'Orme entworfene, 1783 von Roubo erneuerte Bohlendach dieser Halle war bereits 1802 durch Brand zerstört worden, und die Frage, wie es feuersicher zu ersetzen sei, stand jahrelang im Vordergrund aller beteiligten Interessen. Sie schürte den Gegensatz der alten und der neuen Schule zu hellen Flammen an. Projekt folgte auf Projekt. Auch Viel[1] beteiligte sich daran mit dem Entwurf eines mächtigen Steingewölbes. Zuletzt aber drang 1809 der kühne Entwurf des Architekten *Bellanger* durch, die 40 m Spannweite erfordernde Kuppel aus gußeisernen Rippen zu errichten und mit Kupferplatten einzudecken, und für diesen Entwurf lieferte der Ingenieur *Brunet*[2] nur auf *rechnerischem Wege* die *genaue* Detaillierung, die Bestimmung der Gesamtkonstruktion und die Angabe aller Maße[3]. Das ist nicht nur in der Geschichte des Eisenbaues ungemein wichtig — große eiserne Brücken waren schon zuvor errichtet worden —, es ist vor allem der Anfang jener Machtstellung, den das *statische Rechnen* im heutigen Eisenbau einnimmt. Der Tragweite des ganzen Ereignisses war man sich in Paris übrigens wohl bewußt, und der Einweihung des Baues 1811 wohnte sogar der Kaiser Napoleon bei. Aber der persönliche Streit zwischen den »Statikern« und »Praktikern« bestand fort. Er war nur die Sonderform jenes seit dem Ende des 18. Jahrhunderts ausgebildeten Gegensatzes der »constructeurs« und »ingénieurs« zu den »architectes«. Über das rechte Ziel schossen beide hinaus. Jene behaupteten, in der Architektur »beruhe *alles* auf Geometrie«, die ganze Baukunst sei eine »Tochter der mathematischen Wissenschaften«, deren »naturalisation scientifique« (!) unerläßlich werde — die »architectes« dagegen leugneten die Zuverlässigkeit der Theorien, stellten — wie Viel — ganze Listen der Bauten auf, die »trotz der Berechnung eingestürzt seien«, und wiesen auf die bei jedem Kunstwerk entscheidende Macht des »persönlichen Genies«[4].

Inmitten dieser Streitrufe aber arbeitete einer der besten Baupraktiker und zugleich ein zum Lehren ungewöhnlich begabter Theoretiker, Soufflots größter Schüler *Rondelet*, an seinem noch heute berühmten und brauchbaren »Traité théorique et pratique de l'art de bâtir« (Paris 1812—1817), wo die statische Berechnung zum ersten Male als ein wesentlicher Teil der Konstruktionslehre behandelt ist[5], und gleichzeitig wurden die gesamten statischen und dynamischen Theorien seitens der mathematischen Wissenschaft selbst nicht nur von neuem geprüft und verbessert, sondern ebenfalls zu einem großen Lehrgebäude verbunden. Auch dies geschah durch einen Franzosen: durch den als Gelehrter und Praktiker gleich bedeutenden Ingenieur *Louis Navier* (1785—1836). Sein Hauptwerk »L'application de la mécanique

---

[1] Viel, Dissertation sur la Halle au blé à Paris.

[2] Brunet, Dimensions des fers qui doivent former la coupole de la Halle au blé. 1809.

[3] Vergl. Benoit a. a. O., S. 22 ff.

[4] Vergl. Benoit a. a. O., S. 24. Dieses Mißtrauen währte in den Pariser Kreisen bis in die zweite Hälfte des 19. Jahrhunderts. Besondere Nahrung erhielt es durch den Einsturz der zum Teil aus Schmiedeeisen konstruierten großen basilikalen Markthallen von Paris 1842. Vergl. Försters Bauzeitung 1838, S. 30, Bl. 185; 1840, S. 280; 1844, S. 165.

[5] Rondelets Werk wurde 1823 ins Deutsche übertragen, in Deutschland selbst aber hatte bereits David Gilly seit 1797 mit seinem »Handbuch der Landbaukunst« (3. Bde., Berlin-Halle; der 3. Bd. 1811 von Friederici) erfolgreich einen ähnlichen Weg beschritten.

à l'établissement des constructions et des machines«[1] (1. Ausg. 1826, Paris) ist ein Markstein in der Geschichte aller hier in betracht stehenden Fragen. Sein Hauptzweck war, der »herrschenden Praxis« eine wissenschaftliche Lehre an die Seite zu stellen. In der Vorrede heißt es noch 1826: »La plupart des constructeurs déterminent les dimensions des parties des édifices ou des machines d'après les usages établis et l'exemple des ouvrages existants; ils se rendent compte rarement des efforts que ces parties supportent et des résistances qu'elles opposent . . . L'objet de ces ‚Résumés'« — unter diesem Titel erschien das Naviersche Werk zunächst als Leitfaden seiner Vorlesungen an der École des ponts et chaussées — »est d'exposer les conditions de l'établissement des constructions que les ingénieurs dirigent, et de mettre à même de verifier le degré de résistance de chacune de leurs parties.«

In Naviers Werk ist der Theorie der hölzernen und eisernen Stabwerke der letzte Abschnitt gewidmet, er behandelt aber fast ausschließlich die Sprengewerke. Die Berechnung und Theorie des *gegliederten Trägers*, des im heutigen Eisenbau wichtigsten Faktors, hat die schon durch den Herausgeber Naviers *Saint Venant* beschleunigten Fortschritte der Elastizitätslehre während der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zur Voraussetzung, gehört aber als selbständige, den in ihnen gegebenen statischen Bedingungen ensprechende Methode erst der zweiten Hälfte an. Bahnbrechend waren dafür die Arbeiten der Theoretiker, des Deutschen *Culmann* und des Italieners *Cremona* 1851. Das erste allgemeine einfache und praktische Verfahren der Berechnung von durchgehenden Trägern stammt aus dem Jahre 1857 von dem Ingenieur *Clapeyron*, der es damals »beim Bau großer Eisenbrücken verwandte«. (Mehrtens).

2. Graphische Darstellungsmethoden.

Bald darauf gesellte sich diesen Theorien und Berechnungsmethoden ein bedeutender, auch auf ihre Erweiterung zurückwirkender Fortschritt ihrer *Darstellungs*methoden. Das geschah durch den Bund der analytischen Untersuchung mit der synthetischen, die im wesentlichen von geometrischen Anschauungen ausgeht.

Auch dafür war der Boden schon im 16. und 17. Jahrhundert bereitet worden[2], vor allem durch *Simon Stevinus* (1548—1603), der zuerst die Größe der Kräfte als Längen ihr parallel laufender gerader Linien darstellte. Erst von da an ward das Dreieck auch als statisch wichtigste Figur des Baues wissenschaftlich erkannt. Stevinus selbst fand 1576 auf graphischem Wege: »daß drei auf einen Punkt wirkende Kräfte sich das Gleichgewicht halten, wenn sie parallel und proportional den drei Seiten eines rechtwinkligen Dreiecks sind«[3].

1687 veröffentlichte dann *Newton* den Satz vom »Parallelogramm der Kräfte« und gleichzeitig *Varignon* das »Kräftepolygon« und das »Seilpolygon«: die Fundamente der »graphischen Statik«. Allein in der mit Leibnitz' Infinitesimalrechnung

[1] Zuerst 1824 nur für seine Hörer, dann 1826 unbeschränkt veröffentlicht; viele neue Bearbeitungen und Übersetzungen. (III. Ed. von Barbé de Saint-Venant. Paris 1864; dort S. XXXIX ff. Biographie und Bibliographie Naviers). Die »Résistance des corps solides« ist im ersten Band behandelt.

[2] Zum Folgenden vergl. besonders J. J. Weihrauch, Über die graphische Statik. Leipzig 1874.

[3] De Beghinselen der Weegkonst s. Statica. 1586.

beginnenden Hauptepoche der *analytischen* Methoden, wie sie für die Mechanik Lagrange 1788 in seiner »Mécanique analytique« zusammenfaßte, lagen die rein geometrischen Probleme brach. Das änderte sich erst, als *Monge* die Grundzüge der »darstellenden Geometrie« gegeben hatte[1], doch kam diese praktisch nur dem Bauzeichnen zugute. Die Anwendung graphischer Methoden auf die Baustatik, die »geometrische Statik«, wurde zunächst durch *Poinsot* (Eléments de Statique, Paris 1804), vorbereitet. Beim Bogen- und Gewölbebau sowie auch bei der Tischlerei hatten die geometrischen Hilfskonstruktionen und insbesondere die Ausmittlung der Kurven schon seit dem 17. Jahrhundert eine große Rolle gespielt[2]. An der Pariser Académie d'Architecture bildete vor der Revolution die »Ecole de trait« eine eigene Sektion. Zwei Jahrzehnte später (1818) gliederte sich der Unterricht in die Abteilungen: 1. Architecture, 2. Mathématique, 3. Stéréotomie, Construction. Man behandelte also die vom Steinschnitt ausgehenden geometrischen Methoden innerhalb der Konstruktionslehre — zu großer Unzufriedenheit Viels[3], der darin eine Herabwürdigung des »constructeur« zum »appareilleur« (Steinmetz) sah. Selbst noch Poncelet bediente sich der geometrischen Konstruktionen im wesentlichen nur als einer Hilfe bei der Ableitung schwieriger analytischer Formeln und als Ergänzung zu deren Ergebnissen. Lamé und Clapeyron zeichneten 1827 die Kettenlinien der über 300 m langen Kettenbrücke für St. Petersburg nach dem Kräfte- und Seilpolygon. Die ersten, die rein geometrische Stabilitätsbestimmung der Bauwerke als allgemein gültige Hauptmethode empfahlen, waren der Deutsche *Möbius* (1827) und der Franzose *Cousinery*, der in seinem »Calcul par le trait«, Paris 1839, das System und praktische Beispiele des »graphischen Rechnens« gab. Cousinery bediente sich dabei der Perspektive, noch nicht der »Neueren Geometrie«, der durch Poncelet begründeten und und von v. Staudt zu einer besonderen Wissenschaft erhobenen »Geometrie der Lage«. Darauf erst beruht die von dem Schweizer *Culmann* geschaffene »Graphische Statik« (1. Aufl. Zürich 1866), ein »Versuch«, »die einer geometrischen Behandlung zugänglichen Aufgaben auf dem Gebiete des Ingenieurfaches mit Hilfe der neueren Geometrie zu lösen.«

Sie bietet die wissenschaftliche und zugleich praktische Ausnutzung der zwischen dem Kräfte- und Seilpolygon bestehenden Beziehungen, und in dieser Hinsicht einen Schlußstein des mit Newton und Varignon beginnenden Ausbaues der ganzen geometrischen Statik. Was Culmann selbst 1866 bescheiden nur einen »Versuch« genannt hatte, ist heute eine anerkannte und unentbehrliche Hilfswissenschaft der Konstruktionslehre, an deren Weiterbildung neben Culmann selbst besonders *Cremona, Maxwell, Mohr und Müller-Breslau* beteiligt sind.

Durch die innigere Fühlung der mathematischen Wissenschaft mit der Praxis wurden dieser aber auch wissenschaftlich zuverlässige und auch bei nicht höherer mathematischer Schulung doch leicht anwendbare Methoden zur Verfügung gestellt. Eine solche ist vor allem die »Elementare Theorie und Berechnung eiserner Dach-

[1] Géométrie descriptive. Paris 1788.

[2] Wie vielseitig diese »art du trait« insbesondere bei den Holzkonstruktionen angewendet wurde, zeigt am besten wohl Roubos großes Lehrbuch der Tischlerei: »L'art du menuisier«. Paris 1769—1775.

[3] Vergl. besonders: De la chute imminente de la science de la construction des bâtiments etc. 1818. S. 25.

und Brückenkonstruktionen« von *August Ritter* (1. Aufl. Hannover 1862), welche die Bestimmung der Spannungen analytisch nur auf die Methode der »statischen Momente«, also nur auf die elementarsten Kenntnisse in der Mechanik zurückführt. — Auch der Behandlung »statisch unbestimmter« Fachwerke, deren »analytische Bestimmung seit Navier besonders durch *Clapeyron* und *Castigliano* auf neue Bahnen geführt worden war, gab die graphische Statik einfache und zuverlässige Methoden an die Hand. Neuerdings ist sie insbesondere an der Arbeit gewesen, mit Hilfe der 1835 von Ampère begründeten geometrischen Bewegungslehre (Kinematik) das allgemeinste Gesetz der Statik, das Prinzip der »virtuellen Verschiebungen«, auf das Fachwerk anzuwenden.

Die wissenschaftliche Zusammenfassung aller heut maßgebenden »Methoden der Festigkeitslehre und der Statik der Baukonstruktionen« ist das Verdienst eines Deutschen, der diese Methoden selbst außerordentlich bereichert hat: *Müller-Breslaus*. Seine beiden groß angelegten Lehrbücher schließen in der Geschichte der statischen Wissenschaft diese zweite, glänzende Periode ab, deren Beginn das Lebenswerk des Franzosen Navier bezeichnet.

* * *

Die theoretische Festigkeitslehre ist auch heute ihren Zielen noch fern. In der Statik des Hochbaues harren noch viele aktuelle Probleme der Lösung, und jede Großkonstruktion kann sie vermehren. Vor der Schärfe der heutigen wissenschaftlichen und ökonomischen Ansprüche halten die alten Festigkeitsberechnungen nicht immer stand, indem sie das Material unzweckmäßig auf die einzelnen Glieder des Bauwerkes verteilen. Daß sie gleichwohl in Hunderten von Fällen sich »bewährt« haben, erklärt der Statiker sehr hübsch als eine Folge der »Schlauheit des Materiales«, womit gemeint ist, »daß dort, wo eine statisch unbestimmte Konstruktion am starrsten und widerstandsfähigsten ist, auch die angreifenden Kräfte aufgenommen werden, und die schwächeren Teile eines Bauwerks gerade wegen ihrer Nachgiebigkeit kleinere Beanspruchung erfahren«.

Allein im Vergleich mit allen früheren Jahrhunderten der Baugeschichte darf man sagen, daß das Bauen im 19. Jahrhundert im statischen Rechnen ein neues, großes sicheres und fortan unentbehrliches Mittel zur Lösung seiner konstruktiven Aufgaben erhielt. Und dieses Mittel ist seit einem Menschenalter auch Allgemeingut der Fachkreise. Die Riesenliteratur der Baukunde überliefert es in allen Formen, vom streng theoretischen Lehrbuch bis herab zum tabellarischen Handbüchlein. An den technischen Hochschulen, die in ihrem stolzen Lehrgebäude jetzt Bau- und Maschineningenieurwesen und Architektur vereinen, wird die Mechanik in ihrer Beziehung zur gesamten Ingenieurtätigkeit als Sonderdisziplin behandelt. Jeder Baubeamte muß mit der Berechnung einfacher Hochbauten vertraut sein; die staatliche Aufsicht über die Bauprojekte und Bauausführungen verfährt nach fest formulierten statischen Gesetzen. Für den Hochbau der Bauingenieure ist die Statik eine Fundamentalwissenschaft. Wo die Architektur vor größere, schwierigere Konstruktionsaufgaben gestellt wird, vertraut sie die statischen Probleme verantwortungslos der fachwissenschaftlichen Arbeit des Bauingenieurs an, etwa wie die Heilkunde die mikroskopische Unter-

suchung zu einer Sonderdisziplin gemacht hat, auf deren Ergebnisse sie sich sicher stützen kann. —

Dieses ganze Verhältnis ist ein neues, grundverschieden von der Art, wie bis zum 19. Jahrhundert statische Regeln beim Bau angewandt wurden. Mögen solche auch früher entschieden haben, und nicht nur das »statische Gefühl«, mögen in der »Triangulatur« und »Quadratur« wirklich auch statische Gesetze ausgesprochen, mancherlei Erfahrungen schon früher formelhaft zusammengefaßt worden sein: sie waren lediglich den Fachgenossen bekannt, sie wurden als Sonder- und Zunftbesitz sorgsam gehütet. In dieses Halbdunkel von Kenntnissen und Erkenntnis trug erst das 19. Jahrhundert die Leuchte der Wissenschaft hinein, und unter ihrem hellen Strahl schwanden die spukhaften Formen der Geheimlehre vor der freien Forschung, die allen offen steht, in jedem Augenblick bereit, Kontrolle zu üben und zu dulden. —

Damit trat dann freilich in die praktische Baukunde ein theoretisches, in systematischer Form übermitteltes Wissen.

Was bedeutet das für das »Bauen« als schöpferische Tätigkeit, für den »Bau« als deren Schöpfung? —

Die Antwort ist je nach deren Gattung verschieden. Auch dabei entscheidet in erster Reihe der Zweck.

Dem *reinen Nutzbau* hat zu allen Zeiten das konstruktiv Notwendige genügt. Wenn sich dieses jetzt auf feste Normen von wissenschaftlicher Zuverlässigkeit stützen kann, die ihm zahlenmäßig oder in geometrischen Figuren bestimmt vorliegen, so erfüllt es seinen nächsten Zweck vollkommen, indem es den gegebenen Fall diesen Normen anpaßt. Das geschieht in Hunderten von Stein-, Holz- und Eisenbauten. Schon dabei aber nehmen die letzteren eine Sonderstellung ein. Sie sind dem Material nach die weitaus jüngsten, also auf Kontrolle besonders angewiesen. Die Methoden dieser Kontrolle, die wissenschaftlichen sowohl wie die praktischen (der »Probebelastung«), haben sich mit und an den Eisenbauten selbst entwickelt, gehören also gleichsam zu deren eigenen Lebensbedingungen. Vor allem aber: das Wesen des Eisenbaues beruht ja auf der »rationellen Konstruktion«, durch die er der Beanspruchung mit weitaus geringerem Materialvolumen zu genügen vermag, als alle anderen Baustoffe. Ist doch eine Eisenkonstruktion schon an sich eine besonders sinnfällige Verkörperung der im Bau wirksamen statischen Kräfte; sie steht dadurch gewissermaßen nur am Ende jenes synthetischen Weges, der die Probleme der Mechanik aus dem Bereich arithmetischer Operationen und algebraischer Formeln in die Anschauung graphischer Gebilde überträgt.

Nun aber vergegenwärtige man sich einmal, *wie* dieses Ziel des ganzen Weges, den die Empirie eröffnete, die Theorie beschritt, von der Praxis des Eisenbaues heute im Einzelfall erreicht zu werden pflegt!

Der letztere habe dabei einen ganz gewöhnlichen Nutzzweck, es handle sich um den einfachsten eisernen Dachstuhl.

Gegeben ist im Bauprogramm die zu überdeckende Grundfläche, also die Spannweite der »Dachbinder«. Deren Zahl und Gestalt ist das gesuchte »x«. Die Zahl der Dachbinder — das heißt also auch ihr Abstand — wird in einer ersten Skizze schätzungsweise bestimmt, wobei, insbesondere hinsichtlich der Verteilung der Druck- und Zugbeanspruchung, neben dem speziellen Zweck zunächst nur Erfahrung und

statisches Gefühl entscheiden. Ob sie dabei im vorliegenden Falle das Richtige trafen, erkennt man später aus dem Gewicht — das heißt also auch aus den Kosten — der übermittelnden Zwischenkonstruktionen (Pfetten). Man dividiert dann die pro Quadratmeter erfahrungsmäßig bekannte Gesamtlast des Daches (Winddruck und Schneelast) durch die projektierte Anzahl der Binder und erhält so die Beanspruchung, der jeder *einzelne* von ihnen ausgesetzt ist. Die weiteren Ermittlungen können sich füglich auf diesen *allein* beschränken. Sie beginnen wiederum mit einer Rechnung, die nun die Verteilung der den einzelnen Binder treffenden Last zu untersuchen hat. Dieselbe wirkt zunächst auf die »Auflager«, und es gilt deren »Reaktionen« zu prüfen. Das sind die »äußeren Kräfte« des Binders. Die folgende Hauptfrage betrifft seine »inneren«, die in den Gurten, Diagonalen und Vertikalen auftretenden »Spannungen«, die im Projekt ihrer Größe und Richtung nach als Druck oder Zugkräfte schätzungsweise angenommen sind. Dies ist der Punkt, wo heute meist die »graphische Statik« einsetzt, indem sie die in den einzelnen Teilen wirkenden Kräfte durch das »Kräftepolygon« kombiniert, ihre Größe nach einem beliebigen graphischen Kräftemaßstab (z. B. 1 cm = 100 kg) ermittelt und ihre Richtung anzeigt. Die aus dieser graphostatischen Rechnung oder durch andere Methoden — besonders auch durch das »Rittersche Schnittverfahren« — erkannte Beanspruchung jedes Binderteiles bestimmt unter Berücksichtigung des »Sicherheitskoeffizienten« die Wahl seiner Querschnitte in bezug auf die Größe, aber wiederum nur im Sinne einer theoretischen Mindestforderung. Dann erst erfolgt deren Anpassung an die Wirklichkeit: die Wahl der Querschnitte aus der Reihe der von den Walzwerken gebotenen Normalprofile, wobei neben den rechnerischen Ergebnissen nun auch die materiellen Anforderungen der Zusammensetzung, wie beispielsweise die Notwendigkeit genügend großer Flächen zum Vernieten der Laschen und ähnliches, den Ausschlag geben.

Damit wäre die konstruktive Arbeit, soweit sie Entwurf ist, an ihrem Ende angelangt, und es erübrigte nur noch, die Ausführungsbedingungen zu erwägen. In den meisten Fällen folgt diesem ganzen ersten Rechnungsgang jedoch noch ein zweiter — oder er sollte ihm wenigstens folgen —, der zu prüfen hat, ob die in jener ersten, grundlegenden Skizze willkürlich gewählten Anordnungsverhältnisse tatsächlich die zweckmäßigsten sind, oder ob etwa bei den Bindern durch Vermehrung der Streben deren Länge verkürzt und hierdurch die Querschnitte verringert werden können, und ob dies trotz der numerischen Vergrößerung eine Herabminderung des Gesamtgewichts bedeuten würde.

Bei dieser ganzen Arbeit handelt es sich lediglich um das *Notwendige* und *Zweckmäßigste.* Solche Aufgaben sind in der Bautätigkeit aller Zeiten in unzählbarer Fülle gelöst worden, noch ehe man an statisches Rechnen und an Eisenmaterial dachte. Wenn das, was früher instinktmäßig oder empirisch bestimmt wurde — noch bis zur Mitte des 19. Jahrhunderts sind die konstruktiv glänzenden hölzernen Fachwerkbrücken Amerikas *ohne* genauere Berechnungen entstanden — heute rationell auf rechnerischem Wege gefunden wird, so bedeutet das auf dieser Stufe der Baukonstruktionen nur eine Systematisierung und daher Beschleunigung des verstandesmäßigen Vorgehens und meist auch eine größere Sicherung desselben gegen Irrungen, bei der selbst der nur handwerksmäßig geschulte Praktiker die höchsten Werte einer

selbständigen modernen Wissenschaft benutzt. Er verfährt dabei kaum anders als etwa der Laborant, der nach bekannten Methoden den für eine bestimmte Verwendung qualitativ und quantitativ zweckmäßigsten chemischen Stoff herstellt.

Aber selbst auf diesem unpersönlichsten Wege werden auch beim einfachsten eisernen Nutzbau, der nichts anderes sein will und ist als eine richtig berechnete, technische Leistung, in einer bisher ungewöhnlichen Art theoretische Ergebnisse in die Form und Abmessung eines neuen Baustoffes übertragen.

Sie werden zunächst ungeformt, im Sinne der Theorie vergröbert. Das Verhältnis zwischen Theorie und Wirklichkeit ist eben auch beim Eisen, dem »rationellsten« Baustoff, nicht prinzipiell anders als beim Stein und Holz, sondern nur graduell. Das Eisen kann sich in seinen Formen den Forderungen der theoretischen Statik weit mehr nähern als jene, allein sie gerade nur ganz zu erfüllen, ohne ein »Zuviel« — das Ideal der »rationellen Konstruktion« — ist auch dem Eisen nie und nirgends möglich. Ist doch schon der Grundbegriff der »kontinuierlichen Verstärkung« technisch nicht zu verwirklichen. Im Eisenbau tritt dafür das statisch rohe Aufeinanderheften der Verstärkungsbleche ein. Die Eisentechnik bemüht sich seit einem Menschenalter, der Praxis jene nach der Theorie rationellsten Normalformen zu schaffen, und von allen beteiligten Seiten arbeitet man an deren Vervollkommnung. Allein den theoretischen Ergebnissen gegenüber bleiben auch sie ihrem Wesen nach und vollends im Einzelfall nur Annäherungswerte, nur »Rohformen«. Darauf nimmt, wie wir sahen, die Rechnung selbst Rücksicht. Die theoretisch zulässige Beanspruchung wird bei ihr durch einen »Sicherheitskoeffizienten« vermindert, das heißt also, der Querschnitt vergrößert.

Doch der Unterschied zwischen Linie und Körper, zwischen Formel und Konstruktion, ist selbstverständlich. Es bleibt die Tatsache, daß beim Eisenbau die statische Rechnung im Verein mit Technik und Praxis schon bei der Gestaltung der einzelnen Konstruktionselemente — z. B. jener Normalprofile — in ganz unvergleichlich stärkerem Grade maßgebend ist, als etwa bei den Normalabmessungen der Ziegel, am Schnitt der Quadern oder selbst an dem der Balken und Bohlen. Und dieses »Rechnen« entscheidet dann vollends über die Zusammenfügung der Einzelelemente, sowohl zu den Teilformen, insbesondere zum gegliederten Träger, wie zur gesamten Konstruktion. Die Zahl der neuen Formen, die auf rein rechnerischem Wege durch den Eisenbau eingeführt und bereits eingebürgert sind, ist schon jetzt beträchtlich. Am fruchtbarsten war dafür die Theorie des Brückenbaues in den fünfziger und sechziger Jahren. Damals erhielten die gegliederten Träger auf Grund der theoretisch günstigsten Verteilung von Druck und Zug und der sichersten Berechnungsmöglichkeit neue Umrisse, in denen die flache Kurve herrscht (Parabel-, Halbparabel-, Linsenträger). Die Namen einzelner als Theoretiker wie als Konstrukteure gleich berühmter Bauingenieure leben in den Bezeichnungen der von ihnen ersonnenen Konstruktionsformen fort (Schwedlerträger, Paulitäger). Auch dem allgemeinen statischen Gefühl ist die Mehrzahl dieser neuen Gebilde bereits geläufig.

Eine völlig neue Grundlage für die Erziehung dieses statischen Gefühles schaffen beispielsweise die gerade durch die »statisch bestimmten Systeme« eingeführten, nur im Eisenbau möglichen Gelenkverbindungen. An Stellen, in denen der Steinbau breite massige Ansätze bietet, zeigen sie ein Anschwellen von einem nur durch ein

kleines Scharnier bezeichneten Punkt, beziehungsweise ein Abschwellen zu ihm hin. Der Träger berührt — wie Reuleaux einmal sagt — »den Boden gleichsam nur mit den Zehenspitzen«. Im Laufe der folgenden Betrachtungen werden uns verwandte Erscheinungen noch häufig begegnen.

Sie bezeugen eine Macht der Rechnung über die Bauform, die in Verbindung mit dem neuen Baustoff sehr wohl auch zu einer »objektiv« stilbildenden Kraft werden kann.

Und eine solche wohnt der Eisenarchitektur selbst da inne, wo sie lediglich oder vorzugsweise mit den schon im Stein- und insbesondere im Holzbau von jeher herrschenden Konstruktionsmitteln arbeitet oder wiederum durch das Zusammenwirken von »Rechnen« und »Bauen« in dem neuen Material neue Erfolge erzielt.

Aus der graphischen Rechnung »weiß« man, daß dieser Erfolg in einer Verringerung der Einzelvolumina zu gunsten einer Vergrößerung des räumlichen Gesamtvolumens, beziehungsweise der konstruktiven Gesamtleistung besteht. Aber das ist zunächst nur ein abstraktes Wissen, eine Funktion des Gedankens. Die beiden Hauptträger der neuen Werte — die absolute Größe und die relative Knappheit der für sie aufgewandten Mittel — stehen vorerst nur in Zahlen und geometrischen Figuren vor Augen. Der Fachmann versteht sie, er sieht auch wohl das fertige Gebilde wenigstens in seinem Zusammenhang bereits vor Augen. Das ist »innere Anschauung«, ist bildliches »Denken«[1]. Aber in das Rechtsgebiet des »Stiles« tritt dieses erst, sobald die Konstruktion nach Angabe jener Rechnung und Zeichnung tatsächlich ausgeführt ist, sobald sie als ein greifbares, körperliches Raumgebilde ihr wirkliches Leben beginnt. Dann erst wirkt sie auf die Sinnesorgane, welche den Begriff »Größe« als Eigenschaft eines »Bauwerkes« zu erfassen vermögen und die aufgewandten Mittel nicht nur beurteilen, sondern in der »Aisthesis« wahrnehmen. Und dann bedeuten diese eisernen Großkonstruktionen in jedem Falle nicht mehr nur ein »Rechnen«, sondern ein »Bauen«: nicht mehr die »kalte Einsicht«, die »leere Regel«, welche die Wissenschaft gibt, sondern: »begeisteten« und dadurch »überwundenen« Stoff[2].

Das ist ihr *erster* Schritt zu ihrer stilbildenden Kraft — stilgeschichtlich schon ein Schritt von großer Tragweite, deren Abschätzung das folgende, den Großkonstruktionen gewidmete Buch bieten soll.

Allein dieser Schritt ist gleichsam ein unbewußter. Er geschieht mit zwingender Notwendigkeit, sobald die statische Rechnung vor eine dem Maßstab oder der Konstruktion nach ungewöhnliche Aufgabe gestellt wird, diese rationell löst, und wenn die technische Ausführung ihr nach Möglichkeit entspricht.

Selbst wenn die Arbeit dabei im wesentlichen nur den systematisch geregelten Gang macht, wie er oben skizziert wurde, bleibt der persönlichen Entscheidung an vielen Punkten ein mehr oder minder freier Spielraum. Beispielsweise ist beim Entwurf des Fachwerkträgers wohl die Anzahl der an einem Knotenpunkt zu vereinigenden Stäbe im »statisch bestimmten System« nach einer bekannten all-

[1] Zum Folgenden vergl. besonders: Guido Hauck: »Uber innere Anschauung und bildliches Denken«. Festrede in der Aula der Königl. Technischen Hochschule gehalten am 26. Januar 1897.

[2] Vergl. die allgemeinen Erörterungen vom »Wesen der Baukunst« bei F. Th. Vischer. Ästhetik III. II. 1. § 553 ff.

gemeinen Formel beschränkt, aber über die Lage und Länge der Stäbe selbst enthält diese Formel nichts. Für den Anblick kann der Träger also von vornherein voller oder leerer, massiger oder leichter werden. Ebenso bei der Wahl der Querschnitte. Notwendig ist nur, daß dieser Stab für eine mindestens so und so große Druckbeanspruchung, jener für eine mindestens so und so große Zugbeanspruchung ausgebildet wird. Das »Wie« bleibt offen. Die statische Rechnung ist auch beim einfachsten Nutzbau nur ein *Weg*, der zu den rechten Mitteln führt. Diese selbst müssen unbedingt auf ihm liegen, aber — man kann sie auch *jenseits* jener Grenze suchen und finden, bei der die rechnende und konstruierende Verstandestätigkeit die Führung an die sinnliche Vorstellungskraft abgibt.

Das geschieht in dem Augenblick, wo sich die Zahlen und Linien vor der »inneren Anschauung« in das Wirklichkeitsbild des Eisengerüstes verwandeln. Dieser Moment *kann* unfruchtbar bleiben. Dann entscheiden eben Rechnung und Nutzwert allein, und es entsteht nur eine zweckmäßige Konstruktion, an der die Architektur keinen Anteil hat. Allein dieser Moment kann innerhalb der konstruktiven Zweckmäßigkeit auch unmittelbar den Übergang zum künstlerischen Schaffen bieten. Er erfolgt, sobald jenes »Wirklichkeitsbild« der inneren Anschauung in irgend einem Punkte, der nicht mehr nur der rationell notwendigen Konstruktion angehört, auf deren Mittel, das heißt also zunächst auf die Rechnung, modifizierend zurückwirkt. Schon jener Wechsel der Betrachtungsweise selbst, das Umsetzen des »Denkbildes« in das »Körperbild«, kann dies sofort veranlassen. Der Verstand allein vermag Zahlen und Linien in schier endlosem Neben- und Hintereinander mühelos aufzunehmen und am Faden der Untersuchung übersichtlich aufzureihen — vor der sinnlichen Vorstellungskraft dagegen wird dieses Neben- und Hintereinander leicht zu einem Gewirr. Und wenn dies als unerwünscht empfunden, wenn die Rechnung unter diesem Gesichtspunkt erneut wird, um die Konstruktion klarer, ruhiger, freier, zierlicher zu machen, um die Einförmigkeit rhythmisch zu unterbrechen, um zu schroffe Gegensätze auszugleichen, um das Wesentliche schärfer hervorzuheben und die Hilfsformen auch für den Anblick nur als Nebensächliches zu kennzeichnen, dann wird die »Rechnung« im Eisenbau[1] sogar *selbst* zur stilbildenden Kraft. Sie wird dann »elegant« im ästhetischen Sinn und nicht mehr nur in jener übertragenen Bedeutung, in der man dieses Wort wohl auch für eine rechnerische Manipulation oder für eine geometrische Konstruktion zu gebrauchen pflegt.

Solches »Rechnen« wird dann ein Disponieren von Kräften[2], bei dem *nicht* mehr das zahlenmäßig und technisch »Rationelle« gesucht wird, sondern das formal günstig *Wirkende*.

Das ist allerdings noch immer nur ein bescheidener Anteil künstlerischen Bausinnes am Rechnen; noch hat dieses unbedingt die Führung; noch immer handelt es sich höchstens um geschickte und klare »Konstruktionen«.

---

[1] Damit sind hier selbstverständlich nicht die nur äußerlich aus Schönheitsrücksichten vorgenommenen Veränderungen gemeint, die ohne Änderung des Systems dessen konstruktiv funktionierende Teile gelegentlich betreffen. Das findet beispielsweise bei Bogenträgern statt, deren Enden oben theoretisch am besten spitz zusammentreten, während die Praxis die Obergurte in stetiger Linie fortzuführen liebt.

[2] Hauck vergleicht a. a. O., S. 17, die Denkarbeit des Technikers mit der des Strategen.

Aber dieser Weg führt weiter. In die rechnerisch abwägende Tätigkeit selbst kann eine dem künstlerischen Schaffen näher verwandte persönliche Kraft spontan eingreifen: das »statische Gefühl« des genialen Konstrukteurs, das dem Rechnen *vorauseilt*, das dieses nur in seinen Dienst nimmt. Dann fällt der »Rechnung« nur noch die Rolle eines Regulatives zu: sie hat das gefühlsmäßig erkannte Resultat nachträglich nur zu bestätigen. Wo *diese* Schaffensart herrscht, da ist die innere Vorstellungskraft von vornherein rege. Das »visionäre« Denken des *Genies* ist im wesentlichen immer ein »bildliches«. Und dann pflegt es auch als formal glückliche Gestaltungskraft zu wirken. Hat man doch selbst auf eine Maschinenzeichnung das Zolasche Wort angewendet: »Sie muß ein *reales Etwas* sein, angesehen und wiedergegeben durch ein *Temperament*« [1]. Aber auch umgekehrt empfinden gerade die phantasievollsten Künstler immer von neuem die innere persönliche Gesetzmäßigkeit ihres Schaffens als allgemein gültiges Gesetz, wie Gabriele Rosetti, der englische Präraffaelit, alles Ernstes behauptete, er male nach »ungeschriebenen Regeln«, die er jeden so folgerichtig lehren könne, wie etwa — Arithmetik. Freilich: »von *der* Freiheit oder Unfreiheit, in der die Phantasie des Künstlers bei der Malerei und Plastik schaltet, bleibt die des Technikers grundverschieden, und auch innerhalb des baukünstlerischen Schaffens behält seine »Denkarbeit«, soweit sie der Statik gewidmet ist, beim Eisenbau *stets* eine ganz andere Machtstellung als beim Stein-, Ziegel- und Holzbau. Für die Mauer-, Widerlager- und Gewölbestärken, für die hölzernen Hänge- und Sprengewerke sind die Verhältnismaße tabellarisch festgelegt. Ihre Kenntnis gehört zum ABC der Baukonstruktionslehre. Dem Architekten müssen sie in Fleisch und Blut übergegangen sein. Bei dem Entwurf sind sie nicht das gesuchte X, sondern selbsverständliche Voraussetzung, deren Kontrolle sogar Hilfskräften überlassen bleiben kann. Wenn der Architekt seinen Grundriß und Aufriß gestaltet, so denkt *er* dabei überhaupt nicht an Geometrie und Zahlen, sondern er gruppiert Räume, er schaltet mit Baumassen, er läßt deren Größe und Verhältnisse aus ihren Grenzflächen sprechen. Die »Linie« ist *ihm* dabei nicht ein statisches Maß, sondern eine statische Kraft und ein wirksamer Umriß; die »Zahl« kennt *er* höchstens als Ausdruck bezeichnender und wohlgefälliger Proportionen. *Seine* Arbeit ist stets Raum-*Kunst*.

Beim Eisenbau dagegen, wo auch das »statische *Gefühl*« höchstens mit den Linien eines Eisengerüstes »bauen« kann, wo die statische Rechnung schon am Anfang der entwerfenden Tätigkeit steht und der Ausarbeitung des Projektes auf dem ganzen weiten Wege bald zur Seite, bald voranschreitet, bald nachfolgt, wo das »bildliche« Denken beständig durch das »abstrakte« kontrolliert wird, spielt die wissenschaftliche Methode als solche eine ungleich wichtigere Rolle. Sie bannt den Entwurf in feste, engere Grenzen; sie stellt ihm seine Lebensbedingungen in Form von Zahlen und Figuren fort und fort vor Augen, für jedes Glied des Baues, auch für das kleinste, und ebenso für den Gesamtorganismus. Ihre Ergebnisse sind zuverlässig und unabänderlich; den Flug der gestaltenden Phantasie sichern sie, aber sie hemmen ihn auch.

Das sind die neuen Bedingungen, die das »Rechnen« für das »Bauen« im »neuen Stoff« geschaffen hat.

[1] Hauck a. a. O.

Die »Baukunst« also, die auf diesem Wege entsteht, wird nie und nimmer die monumentale Steinarchitektur etwa verdrängen und ersetzen können, wie einige allzu feurige Propheten des Eisenbaues verkünden. Ebensowenig jedoch ist es berechtigt, dem Eisenbau einen maßgebenden Einfluß auf die »Architektur« der Zukunft abzusprechen, weil er nur »konstruiert« und auf »Rechnung« beruht. Die »Rechnung« ist notwendig, aber sie kann sich dem »Formenwillen« gesellen, sich ihm zur Verfügung stellen und dann die Schöpfung eines Bauwerks von künstlerischer Eigenart nicht nur begleiten, sondern fördern. Für diese stilbildende Kraft wird es gleichgültig, ob »Rechnen« und »Bauen« dabei in einer einzigen Persönlichkeit vereint sind oder nicht. Unter den bis jetzt vorhandenen künstlerischen Eisenbauten sind sowohl solche, die lediglich vom »Bauingenieur« entworfen und ausgeführt wurden, wie solche, bei denen er mit dem Architekten gemeinsam arbeitete.

Daß dies eine große Bereicherung der architektonischen Mittel bedeuten kann, ist schon jetzt zweifellos. Vor allem zeigen es die Kuppelräume einer schon stattlichen Reihe von monumentalen Steinbauten. Und gerade dabei sprechen die Fortschritte der Graphostatik wesentlich mit, die im letzten Jahrzehnt insbesondere die »Raumfachwerke«, die Kuppel-, Zelt- und Walmdächer, sowie die Flechtwerksgebilde zum Gegenstand ihrer Untersuchung gemacht hat. Derselben Gattung von Raumgebilden gehören aber auch bereits einige der künstlerisch bedeutendsten reinen Eisenbauten an, deren Meister sich nur »Bauingenieure« nannten: sie waren eben zugleich auch Künstler.

So hängt das Verhältnis des »Rechnens« zum »Bauen«, soweit dieses eine »Kunst« ist, schließlich also doch immer nur von der *persönlichen* Kraft, vom Wollen und »Können« des Meisters ab. Ohne Rechnen kann keine zuverlässige Eisenkonstruktion entstehen, durch Rechnung allein kein Kunstwerk.

Die Baukunst sucht in der statischen Wissenschaft eine kräftige, willige Gehilfin, die statische Wissenschaft strebt danach, für jede Aufgabe eine sichere Lösung bereitzustellen. Ihre allgemeine Tendenz, die im letzten Jahrzehnt darauf hingeht, vor allem »statisch klare« Systeme zu schaffen, kommt dem ästhetischen Bedürfnis nach wenigen entscheidenden, übersichtlichen Hauptlinien entgegen. Und so mögen wir in doppeltem Vertrauen zur Macht unserer Kunst und unserer Wissenschaft an kommende Zeiten glauben, in denen die Eisenarchitektur mit den Resultaten der statischen Rechnung nicht anders schalten wird, als heute die Steinarchitektur mit den Ergebnissen der empirischen und rationellen Gewölbelehre[1]. Vielleicht daß einst im Anschluß an den berühmten Ausspruch Robert Mayers über die »organische Natur« und die »lebende Welt« auch das Endurteil über das Verhältnis zwischen »Rechnen« und »Bauen« lauten darf: dort die Notwendigkeit — hier die Freiheit, dort das Gesetz — hier die Schönheit, und als Grenzmarke zwischen beiden: die Zahl. In der statischen Wissenschaft ist sie alles, bei der Konstruktion vieles, in der Bau-*Kunst* — auch in der des Eisens, soweit sie dort nicht Proportionen ausspricht — ist sie »nichts«. —

[1] Auch in der Steinarchitektur werden übrigens größere Konstruktionen, insbesondere Gewölbe, heute statisch berechnet.

ZWEITES BUCH.
GROSSKONSTRUKTIONEN.

I.

DER NEUE RAUMWERT.

DER KRISTALLPALAST IN LONDON. 1851.

Den Kindern eines späteren Jahrhunderts könnte man ein Märchen erzählen: »Vom eisernen Riesen und der gläsernen Jungfrau«.

Als ungeborene Kräfte ruhten sie im Erz und Sand. Der Mensch erweckte sie; der Riesensprößling des Erzes gab seinen Namen dem härtesten der vier Weltalter, und das Glas, die Tochter des Lichtes, ward mit ihrem zerbrechlichen Körper zum unwillkommensten Symbol irdischen Glücks. Aber die beiden begegneten einander: von Eisenarmen ward das Glas umfangen. Da verloren sie für einen weltgeschichtlichen Augenblick den Makel ihres Rufes.

Es geschah, als die Kulturvölker der Erde zum ersten Male zu friedlichem Wettstreit zusammentraten: in der Weltausstellung in London 1851, und das ganz aus Eisen und Glas errichtete Gebäude, welches damals entstand, trägt noch heute den Märchennamen »Kristallpalast«.

1. Grundbegriffe. Vorgeschichte. Baubeschreibung.

Die Wurzel des Wortes »Haus« bezeichnet, daß Schutzbedürftiges geborgen wird. Diesem Begriff fügen sich die verschiedensten Zwecke und Erscheinungsformen des Hauses. Es birgt seine Insassen: den Lebenden, den Toten, die in ihrem Bilde gegenwärtige Gottheit, und es birgt seinen Inhalt: die Herdflamme und alle Habe. Zu deren Bergung genügt die den Boden umgrenzende *Wand* in manchen Fällen tatsächlich; dem Begriffe nach — besonders dem rechtlichen — genügt sie stets. Vor allem als Umhegung des Sonderbesitzes, als Gemarkung. In diesem Sinne ist die älteste Form der Wand der »*Zaun*«. Sein altnordischer Name »gardr«, gotisch »gards«, ist gleichbedeutend mit dem eingefaßten Raume selbst.

Zu dessen völligem Abschluß aber bedarf es der *Decke*.

Wand und Decke zugleich bietet das ineinandergeflochtene Astwerk der Köhlerhütte. Mit der Zusammenfügung behauener Stämme zu Wand und Decke beginnt die Zimmermannstektonik, mit der Zusammenfügung von Steinen zur Wand die Stereotomie. Die einzige notwendige Öffnung dieses »Hauses« ist der Eingang, der zugleich Luft und Licht hinein und den Rauch hinaus läßt. Dem dient auch die weitere Durchbrechung der Grenzflächen mit Löchern und Schlitzen. Vergrößert werden sie zu »Augentüren« — gotisch »auga-dauro« — und Luftvermittlern. In der Wand heißen sie nun: »Fenster«, in der Decke: »Oberlicht«.

Überall ist dabei dieser Licht und Luft spendende Teil geometrisch Durchbrechung der Fläche, materiell Durchbrechung der Masse. Das Primäre, Herrschende ist die Vollwand.

Allein für jenen ältesten Begriff des Hauses genügt ja bereits der Zaun, und dessen Tektonik führt ohne weiteres zum Gitter. Im Verhältnis zur »Wand« enthält dieses ein Maximum von Öffnungen und ein Minimum von Fläche.

Wird die letztere durch Füllung vergrößert, so wird das Gerüst zum »Fachwerk«, dabei aber wird jede »windabwehrende« Fläche, welche die Wand gewinnt, der lichtspendenden Öffnung genommen. Das theoretische Ideal wäre ein Füllungsstoff, der völlig windabwehrend und zugleich völlig lichtdurchlässig ist.

Einen solchen bietet das *Glas.*

Um es dazu geeignet zu machen, bedurfte es zweier Jahrtausende. Am Anfang dieser Entwicklung: die etwa handgroßen, nach Dicke und Umriß unregelmäßigen, gelbgrünen Glasstückchen der ersten nachchristlichen Jahrhunderte; an ihrem Ende: die mit Meterlängen umgrenzte, völlig gleichmäßige, wasserhelle gegossene Spiegeltafel der Neuzeit; etwa in der Mitte dieser Entwicklung: der aus farbigen Gläsern mosaikartig zusammengesetzte Bildteppich des gotischen Kirchenfensters. Lichtdurchstrahlt spannt er sich zwischen die Wände, immer größere Flächen derselben für sich erobernd, so daß am Ende die Wand fast zu Pfeilern zusammenschrumpft und der Steinbau fast zum Gerüst der farbigen Glaswände wird.

Als solches funktioniert er besonders bei der Umrahmung und Teilung dieser Glaswände selbst, in den hohen Pfosten, den Steinbögen. Das war eine konstruktive Notwendigkeit, aber es ward im Maßwerk zu einem auf dem Prinzip des Rahmens beruhenden Schmuckmotiv. —

Auch mit diesen Steinpfosten blieben die Öffnungen der gotischen Fenster für die Füllung mit Gläsern, wie sie die damaligen Hütten lieferten, noch immer weitaus zu groß. Es bedurfte einer engeren Teilung.

Diese brachte das *Eisen.*

Das gotische Fenster wird durch Eisenstangen »armiert«. Als »Quereisen« (»Sturmstangen«), teilen sie die Fensterflächen in Rechtecke; erst auf dieses Eisengerüst werden die verbleiten Glasfelder aufgelegt und durch Deckschienen, sowie durch dünnere Windeisen festgehalten.

Allein dieser ganze Eisenrahmen blieb hier — im Gegensatz zum steinernen Maßwerk — ausschließlich eine Hilfskonstruktion, ohne dekorative Bedeutung.

Er blieb es auch bei dem »weißen«, d. h. farblosen Glas. In den Blankverglasungen und Grisaillen, den »vitreae albae« der Zisterzienser, wird das geometrische Muster, das von den einfachen »Rauten« oder »Spitzscheiben« bis zum künstlich verschlungenen »Netzwerk« reicht, lediglich durch die Bleifassung gezeichnet; die armierenden Eisenstangen dienen nur dazu, der Glaswand den nötigen Halt zu geben und sie gegen den Winddruck zu steifen.

* * *

So lange das Tafelglas nur durch Auseinanderstrecken des mit dem Munde an der Pfeife geblasenen Glaszylinders hergestellt wurde, hatten seine Maße eine kon-

stante, verhältnismäßig geringe Grenze, bestimmt durch die beim Blasen aufgewandte Lungenkraft, die erst in jüngster Zeit durch die Preßluft ersetzt wird. Jedoch mit der Einführung des Gußverfahrens durch den Franzosen Lucas de Nehou 1688 stiegen diese Maße sofort beträchtlich[1].

* * *

Schon vom 15. Jahrhundert an beherrscht dieses fast farblose Glas als Fensterscheibe auch das *Haus*. Die ganze Entwicklung des Innenraumes folgt der Parole: »Mehr Licht!« — Im 17. Jahrhundert führt sie zu Fensteröffnungen, die in Holland selbst im Bürgerhaus durchschnittlich etwa die Hälfte der Wandfläche einnehmen. Als Palastfenster reichen sie türartig fast von der Decke bis zum Boden herab. —

An dieser Ausdehnung des Glasbereiches in den Umfassungswänden des Hauses nahm das Eisengerüst nicht teil. An seine Stelle trat als Rahmenwerk der größeren Glasplatten innerhalb des Fensterrahmens das Holz. Und im Kirchenfenster wurde die Anzahl der zur Armierung nötigen Eisenstangen umso kleiner, je mehr die einzelne Glasplatte an Umfang wuchs.

Die dadurch bedingte Lichtfülle mußte sowohl im Wohnraum wie in der Kirche bald unerwünscht werden. Beim Zimmer bot die Gardine eine durch den Übereifer der Tapezierkunst schnell verhängnisvoll werdende Hilfe — in die Stätte der Andacht, wo die alte herrliche Farbenkunst der Glasmalerei seit dem 16. Jahrhundert abgestorben war, trug sie nüchterne Alltagsstimmung.

Die Entwicklung des Raumes durch Glas und Eisen war auf einen toten Punkt gelangt.

Da floß ihr von einer ganz unscheinbaren Quelle plötzlich neue Kraft zu.

Und wieder war diese Quelle ein »Haus«, das »Schutzbedürftiges bergen« sollte, aber weder ein Haus für Lebewesen noch für die Gottheit, ebensowenig ein Haus für die Herdflamme oder für tote Habe, sondern: ein Haus für Pflanzen.

Der Ursprung aller Architektur aus Eisen und Glas im Sinne der Gegenwart ist das *Gewächshaus*.

* * *

Der Wunsch, Pflanzen, welche von Natur und Jahreszeit versagt sind, künstlich zu ziehen, setzt eine hohe Kulturstufe voraus. Dem Orient und dem ganzen Süden blieb er durch die Fülle der natürlichen Vegetation fremd, jedoch schon in Rom, wo der Luxus zu jeder Jahreszeit Blumen und die Tafel des Feinschmeckers gerade die seltensten Früchte brauchte, waren Gewächshäuser nötig. Statt des Glases trugen sie Scheiben aus Marienglas (»Fraueneis«), aus »Lapis specularis«[2]. Davon

[1] Die ersten in Paris gegossenen Spiegelscheiben sollen nach freilich nicht ganz zuverlässigen Angaben eine Grösse von 84×50 Zoll gehabt haben, während diese zuvor höchstens 50×45 Zoll betragen hätte; doch ist noch 1791 in Böhmen ein 60 Zoll hoher Spiegel etwas ganz Außergewöhnliches und kostet 260 fl. Heute würde sein Tarifpreis bei einer Breite von ca. 23 Zoll etwa 30 M. brutto betragen. Die größte bisher in Deutschland eingesetzte Spiegelscheibe hat einen Flächeninhalt von 24 qm (6×4 m) und doch keinen höheren Wert als etwa 1500 Mk.

[2] Vergl. [Le Vieil] Dissertation sur la pierre spéculaire des Anciens. Paris 1768.

berichtet der jüngere Plinius in einem seiner Briefe[1], Columella[2] in seinem »Landbau«, wo er von frühreifen Melonen spricht, und Martial in dem Epigramm[3]:

»Hibernis objecta notis, specularia puros
Admittunt soles, et sine fece diem.«

Es war derselbe »Lapis specularis«, mit dem Nero die Türen des von ihm erneuten Tempels der Fortuna Seïa füllen ließ[4], um ihm selbst bei geschlossenen Pforten Tageshelle zu verleihen: die ältesten Vorgänger der in den letzten Jahrzehnten nach amerikanischem Muster bei uns üblich gewordenen Glastüren unserer Hausflure.

Was im kaiserlichen Rom als Luxus erschien, konnte im nordischen Mittelalter wohl als Wunder gelten. Als der »Magier« Albertus Magnus 1200 in seinem Kloster in Köln den königlichen Gast Wilhelm von Holland empfing, bewirtete er ihn mitten im Winter in seinem Klostergarten zwischen blühenden Blumen, wie im Frühling. Der Chronist[5] meint, es sei ein Zaubergarten gewesen, der nach der Mahlzeit wieder verschwand. Wahrscheinlich war es ein glasgedecktes Treibhaus.

Aber erst mit der Vervollkommnung der Naturkunde und der Technik im 17. Jahrhundert hörten solche Gewächshäuser auf, wunderbare Seltenheiten zu sein[6]. In Frankreich errichtete sie Fagon für Ludwig XIV., und am Ende des 17. Jahrhunderts bestimmte der gelehrte holländische Arzt Hermann Boerhave als Direktor des Botanischen Gartens in Leiden sogar schon den Neigungswinkel der Glasdächer nach physikalischen Grundsätzen. Holland und Belgien, die Länder der Blumenzucht, wo jeder ein wenig Gärtner ist, haben auch den Bau der Gewächs- und Anzuchthäuser am tatkräftigsten gefördert; den Ruhm, die besten Gewächshäuser Europas zu besitzen, hatte im 18. Jahrhundert jedoch Schönbrunn[7]. Die Gewächshäuser des Jardin des Plantes von Paris gaben dessen Leiter Neumann Anlaß zu der ersten zusammenfassenden Abhandlung über die »Art de construire et de gouverner les serres«[8]. Durch seinen Reichtum, seine Kolonien und die Ausdehnung seines überseeischen Handels, sowie durch besonders hervorragende Landschaftsgärtner hat England an der Entwicklung der Gewächshäuser wesentlichen Anteil. Der Vorliebe für ausländische Pflanzen opferte man schon seit der Mitte des 16. Jahrhunderts große Summen. Im 17. Jahrhundert sind die berühmten Gärtnereien eines Duke of

---

[1] Epist.

[2] De re rustica.

[3] Epigr., Lib. VIII, Ep. XIV, 4.

[4] Plinius, Hist. Nat., Lib. XXXVI, Cap. 22.

[5] Rudolphi, Noviomag. de vita Alberti M., Lib. III. Coloniae 1490.

[6] Zur Geschichte der Gewächshäuser des 19. Jahrhunderts vergl.: Berichte von Rohault und Mirbel über englische Treibhäuser, 1833, vergl.: Försters Bauzeitung 1837. — Charles Mc. Intosh, The Greenhouse etc. London 1838. — M. Neumann, Art de construire et de gouverner les serres. IIe. Ed. Paris 1846. Deutsche Ausgabe von J. Hartwig (IV. Aufl., Wien 1875) mit Atlas. — Gottfried Semper, Kleine Schriften. Berlin und Stuttgart 1884, S. 484 ff. »Über Wintergärten«. — Bericht des Bauinspektors F. Schulze (Berlin): Gewächshausanlagen in England, Belgien und Holland, in der Zeitschr. f. Bauwesen, XXXVII. Berlin 1887, S. 67 ff.

[7] Vergl. Robert Townson, Travels in Hungary, with a short account of Vienna in the year 1793. London 1797, S. 18.

[8] M. Neumann, Direktor der Gewächshäuser in Paris. — Semper, in Rombergs Zeitschr. f. prakt. Baukunst. 1849.

Lauderdale, Sir Henry Cappel und der Lady Clarendon auch mit großen »Greenhouses« versehen. Ihr Umfang und ihre Brauchbarkeit steigern sich bald beträchtlich, zumal nach der Entdeckung Australiens und der Erweiterung der englischen Macht über Indien. Die Gewächshäuser erhalten die Ausdehnung von Palästen, wie beispielsweise im Park des Duke of Northumberland in Sion House. Eines der größten und vollkommensten ist das Conservatory at the Grange[1] in Hampshire, dem Landsitz des Lord Ashburton, 70 Fuß (32 m) lang, 46 Fuß (15 m) breit, bei einer

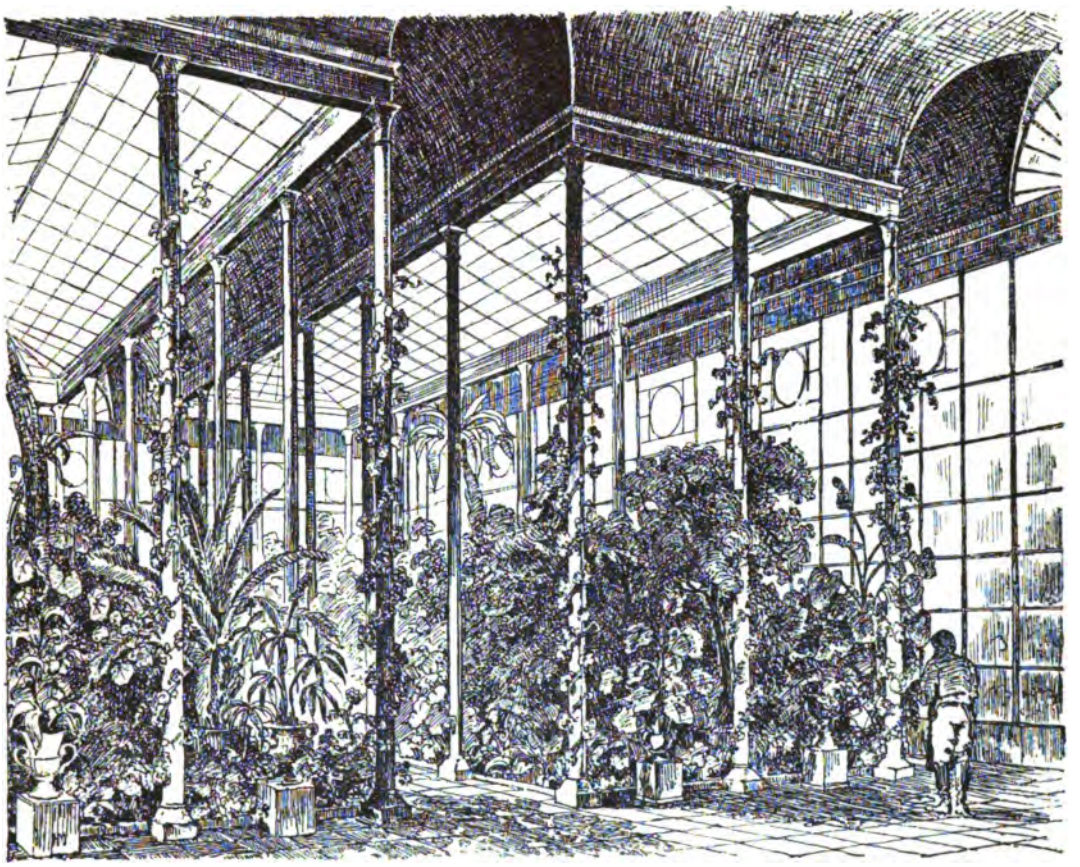


Abb. 13. Conservatory of the Grange.

Höhe von 21 Fuß. (Abb. 13.) Zwischen den schmalen Mauerpfeilern zeigt es nur Glaswände in schmiedeeisernem und kupfernem Stabwerk. Auch das vielgliedrige Dach besteht ganz aus Eisen und Glas. Getragen wird es von sehr schlanken, gußeisernen Säulen, die umrankt fast nur wie Spaliere wirken, und deren Hohlraum als Wasserabfluß dient. Sie gliedern das Innere in zwei mächtige, rechteckige, mit Satteldächern geschlossene Hauptschiffe und drei schmale, durch gläserne Tonnengewölbe abgedeckte Gänge, von denen der eine in der Mitte zwischen den beiden

[1] Vergl. Neumann a. a. O., S. 103 ff (franz. Ausgabe), Pl. 19, Fig. 81 f. — cIntosh a. a. O. S. 233 ff.

Hauptschiffen, die beiden anderen an deren Außenseiten entlang führen: eine ebenso praktische wie gefällige Eigenart der Raumgestaltung. Die Zeichnung mit leicht antikisierenden Details stammt von C. R. Cockerell.

Daß hier dem Eisen bereits eine Hauptrolle zufällt, ist eine bemerkenswerte Ausnahme. In der Regel besteht das Gerüst der Glasfenster in diesen Pflanzenhäusern aus Holz, und ob das Eisen ihm vorzuziehen sei, ward schon früh zu einer Streitfrage. Holz ist billiger und ein schlechter Wärmeleiter; Eisen kommt den Größenverhältnissen und der rationellen Konstruktion zu gute, dehnt sich aber unter dem Einfluß der Hitze aus; es leidet insbesondere am Dach, wo es von innen der Wärme, von außen der Kälte ausgesetzt ist, also zwischen zwei Temperaturen liegt[1], und das Schwitzwasser von ihm abtropft[2].

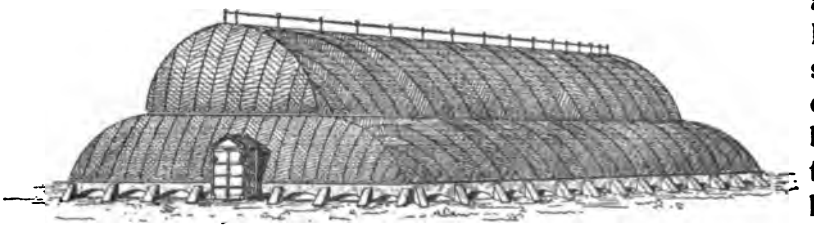


Abb. 14. Conservatory of the Duke of Devonshire zu Chatsworth.

Eines der größten in der Reihe dieser älteren »Conservatories« Englands steht in dem herrlichen Park des Duke of Devonshire zu *Chatsworth*[3] (Abb. 14) *1837 bis 1841* errichtet, zeigt es eine ungewöhnliche Form und Konstruktion. Über rechteckigem Grundriß von etwa 4000 qm Fläche (Länge 93 m, Breite 45 m) steigt es in überaus stattlichen Verhältnissen auf: ein mächtiges Walmdach von 20 m Höhe bei einer Breite von 22 m, innen von Eisensäulen, außen von einem in entsprechender Wölbung konvex ausladenden Erdgeschoß getragen. Die Futtermauer ist mehr als 2 m breit, die Sockelmauer 1 m 30 cm hoch, dann aber folgt nur das dünne Gerüst mit seinen Glasscheiben, welche die gleichmäßigen Maßverhältnisse von 1,30 zu 0,16 m zeigen, während die Stärke zwischen 2 und 2½ mm schwankt. Die gesamte Glasmenge

Abb. 15. Detail vom Dach
vom Conservatory of the Duke of Devonshire zu Chatsworth.

[1] Die Gegenwart stellt daher den Oberbau der Gewächshäuser aus Holz her und verwendet das Eisen nur beim Unterbau und bei den Bindern, sucht es aber auch dort durch aufgelegtes Holz gegen die Auskühlung zu schützen. So im neuen Botanischen Garten in Dahlem bei Berlin (Baurat Körner).

[2] Vergl. besonders M. E. de Puydt, Les Plantes de Serre. Mons 1866, I.

[3] Beschreibung bei Neumann a. a. O. (II. franz. Ausgabe), S. 107 ff., nach genauen Angaben von L. Schneeberger. Abbild. 86—88.

beträgt nicht weniger als 20000 qm. Ihr Gerüst besteht aus besonders imprägniertem, durch Maschinen exakt geschnittenem Fichtenholz. Es ist so angeordnet, daß je drei Rippen ein Giebelprofil bilden. Die Glasplatten zwischen ihnen sind also Satteldächer, und die ganze Wand- und Deckenfläche ist gleichsam nach einem Zickzackprofil gefaltet. (Abb. 15).

Der Grund dieses »ridge and surrow«-Systems ist klar: die Sonnenstrahlen, auf denen das Leben der Pflanzen beruht, werden möglichst ausgiebig ausgenutzt, sie werden sämtlich gebrochen und gelangen in den Innenraum als Strahlenbündel, wobei der Stand der Sonne fast gleichgültig ist.

So ist in diesem great Conservatory von Chatsworth für die Pflanzen ein geradezu idealer *Hellraum* geschaffen, der als Außen- und Innenbau einen völlig neuen Anblick gewährt. Das Ganze aber bleibt gleichwohl lediglich ein Nutzbau, dessen Formen aus rein physikalischen und technischen Eigenschaften zu erklären sind.

Auch dem Erbauer selbst lag nichts ferner als stilistische Erwägungen. Denn dieser Baumeister war ein Landschaftsgärtner, *Joseph Paxton.* Kind kleiner Leute aus Milton Bryant bei Woburn in Bedforshire, war er als Gärtner beim Duke of Devonshire in Chiswick eingetreten. In Chatsworth wurde er Obergärtner, er hatte in seinem Fach vortreffliche Kenntnisse und verband mit ihnen Geschmack und den Sinn für große Wirkungen. Seine Gartenanlagen in Chatsworth[1] bezeugen dies noch heute. Daß er auch ein geschickter Konstrukteur war, konnte jenes »great Conservatory« lehren. Allein wohl niemand würde es jetzt sonderlich beachten, hätte nicht eine Verkettung von ungewöhnlichen Umständen den Namen dieses Landschaftsgärtners von Chatsworth für immer mit dem der ersten Weltausstellung verbunden.

* * *

Die »Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations« war dem grandiosen Gedanken des Prinzgemahls Albert entsprechend vorbereitet. Im Hochgefühl einer weltgeschichtlichen Tat waren die beträchtlichen Summen schnell gezeichnet worden. Zum Ausstellungsterrain hatte man den Hydepark, ein Gebiet von 26 Morgen (acres), gewählt. Die nächste Hauptaufgabe wurde das Ausstellungsgebäude. Zu dem hierfür 1850 eröffneten internationalen Wettbewerb gingen 245 Entwürfe ein, aber keiner schien zur Ausführung geeignet. Das Problem war zu neu. Die früheren Industrieausstellungen waren national begrenzt gewesen; zu ihrer Aufnahme hatten vorhandene Baulichkeiten oder Arkaden und Fachwerkbauten von mäßigem Umfang genügt, diesmal aber handelte es sich räumlich um einen Riesenmaßstab und sowohl materiell wie moralisch um eine ungeheure Verantwortung für die von allen Völkern anvertrauten Güter. Nach dem Mißerfolg des öffentlichen Wettbewerbes nahm das Komitee die Sache selbst in die Hand und arbeitete einen Plan aus. Es war im wesentlichen ein Backsteinbau, sein Hauptteil ein Kuppelraum von 200 engl. Fuß (cr. 61 m) Durchmesser. Doch auch dagegen erhoben sich Bedenken, insbesondere hinsichtlich der Möglichkeit, die dafür nötigen etwa 17 Mill. Ziegel so rasch zu beschaffen, daß sie in kaum Jahresfrist völlig getrocknet verbaut

[1] Abbild. in: Gardens, old and new, London. Country Life Library, S. 110 ff.

sein könnten. Allein das House of Commons sprach sich mit großer Mehrheit für dieses Projekt aus.

Da lief beim Baukomitee ein von dem Landschaftsgärtner *Paxton* entworfener, von den Ingenieuren und Bauunternehmern Fox, Henderson & Co. mit allen Voranschlägen detaillierter Plan ein, das ganze Ausstellungsgebäude nach Art der Gewächshäuser von Chatsworth im wesentlichen aus Eisen, Glas und Wellblech zu errichten. Die Kühnheit des Gedankens machte sofort Eindruck; die Entscheidung zu seinen Gunsten aber erwarben ihm vor allem seine unmittelbar praktischen Vorzüge: die Feuersicherheit, die Helligkeit, die verbürgte Schnelligkeit der Ausführung und die Billigkeit. Am 26. Juli wurde das Projekt genehmigt, am 26. September 1850 — noch vor dem erst am 31. Oktober endgültig unterzeichneten Kontrakt — begannen die Bauarbeiten; am 1. Mai 1851 öffneten sich die Tore dieses Friedenstempels, und seine Riesenhalle sah die erhabene Einweihungsfeier eines Unternehmens, das zu den eigensten und größten des 19. Jahrhunderts zählt.

* * *

Dieser Erfolg Paxtons beruhte vor allem auf richtigem Rechnen. Seine Gesamtaufgabe war, für den gegebenen Fall das günstigste Verhältnis zwischen dem Zweck und den aufgewandten Mitteln zu bestimmen. Daß für einen möglichst feuerfesten, möglichst hellen Ausstellungsraum das Prinzip des Eisen-Glasbaues nach Art eines Gewächshauses anwendbar sei, lag sehr nahe. Gleichwohl war zuvor keiner darauf gekommen. Es war die in der Erzählung vom Ei des Kolumbus gekennzeichnete Genialität aller großen Finder und Erfinder, — und sie verband sich hier mit einer hervorragenden Leistung statischen Rechnens. Galt es doch, der in jener Erzählung vom Ei maßgebenden Statik, die den Vollkörper standfest macht, indem sie ihm eine genügend breite Auflagefläche gibt, eine durch Kraftzerlegung in dünnste Volumina ermöglichte Gerüststatik gegenüberzustellen.

Das hatte das Holzgerüst mit seinen Ständern, Pfetten, Streben, seinen Hänge- und Sprengewerken längst gelehrt, und in den Eisenbauten war sie seit der halle au blé in Paris üblich, allein in London handelte es sich um Maße und Spannweiten, bei denen diese Erfahrungen versagten.

Solche Rechnung ist am zuverlässigsten, wenn sie möglichst einfach bleibt: einfache Hauptlinien, Vertikale, Horizontale, Diagonale; als statische Grundform: das Dreieck; als Grundmaß: eine einzige Länge. Über diese entschied die Glasindustrie. Sie lieferte damals in England als praktischstes Maß Glasplatten von 49 Zoll Länge zu 10 Zoll Breite. Diese 49 Zoll — ungefähr 4 Fuß = 1,24 m — wurden das Einheitsmaß, der Modul für die gesamte Riesenrechnung. Der aus einem Stück zu gießende Eisenrahmen erhielt die dreifache Länge = 147 Zoll = 12 Fuß. Dies das Maß für die Entfernung der Säulenreihen, welche den ganzen Bau in Schiffe und Gänge teilen und die Galerien tragen. Möglichste Gleichartigkeit der Einzelglieder empfahl sich auch, damit ihr en gros auf verschiedene Arbeitsstätten verteilt werden konnte.

Das Gebäude ist seinem Grundriß nach ein langes, schmales Rechteck mit einem vortretenden Querschiff in der Mitte. Die sich von Norden nach Süden erstreckende

Gesamtlänge beträgt 1848 (= 77 × 24), die Gesamtbreite 408 (17 × 24) Fuß. Diesen Raum durchzieht in der Längsrichtung, seiner ganzen Höhe nach frei und ungeteilt, ein 72 (3 × 24) Fuß breites Mittelschiff, in der Mitte von einem ebenso breiten, gleich hohen Querschiff (»Transsept«) durchschnitten. Beide sind rings von niedrigeren, in Galerien zerlegten Seitenschiffen begleitet[1]. (Abb. 16.)

Im Grundriß also eine überall für das Längenmaß von 24 Fuß kommensurable Teilung in Rechtecke, die eine Gesamtfläche von 772784 Quadratfuß beanspruchen.

Die gleiche Regelmäßigkeit und der gleiche Modul in der Höhenentwicklung. Sie gliedert sich in abgestufte Stockwerke, die den Galerien entsprechen. Das Mittelschiff ist 64 Fuß hoch, die Galerie im Erdgeschoß beginnt 24 Fuß über dem Boden, die zweite ebenso hoch über ihr.

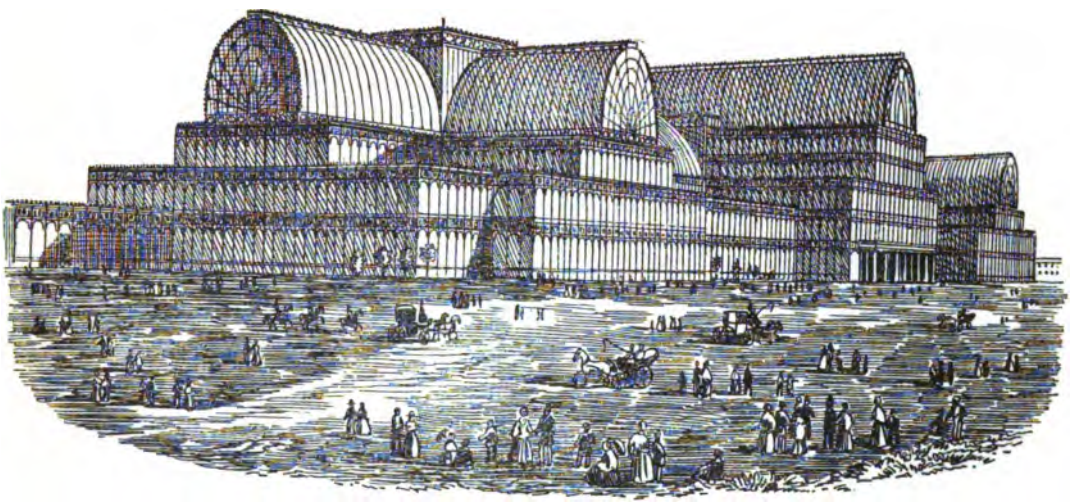


Abb. 16. Paxton's Kristallpalast der Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations.

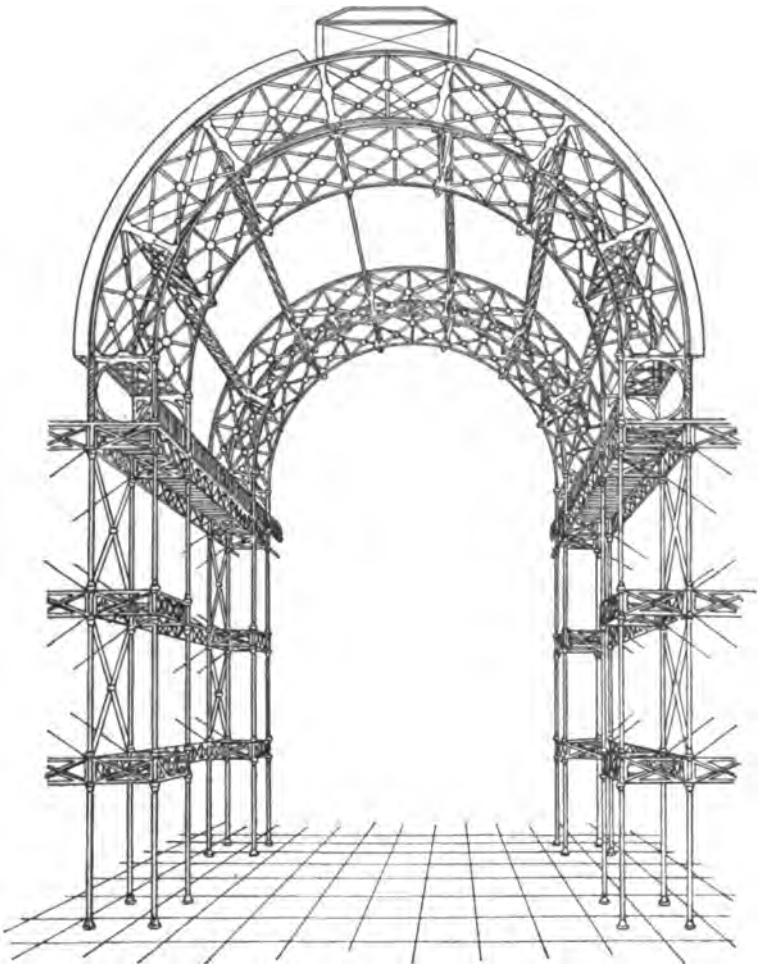
Die Gesamtanlage des Inneren ist füglich ein zu Riesenlänge ausgedehntes, rechteckiges, von einem Mitteltrakt durchquertes Langhaus, dessen Hauptschiff rings von niedrigeren doppelstöckigen Galerien umzogen ist.

Das erinnert durch die Betonung der Längsachse, durch die Teilung in Haupt- und Nebenschiffe und durch die Auflösung der letzteren in Emporen an den Basilikatypus — mehr noch an den des antiken Rom als an den der christlichen Kirche; es gemahnt durch die Verlegung des Querhauses in die Mitte des Langhauses ein wenig an den spezifisch englischen Kirchentypus des Mittelalters. Allein die Eingänge befinden sich nicht an den Schmalseiten, sondern in der Mitte der Langseiten, in dem das ganze Gebäude durchquerenden Mitteltrakt. Dadurch wird der Hauptakzent von der Längsrichtung auf die schmale Querachse übertragen: ein funda-

[1] Ihre Breite beträgt 96 Fuß, aber sie sind in sich wieder in einzelne, ebenfalls jeweilig von einem Umgang umzogene Rechtecke zerlegt; ihre Länge variiert zwischen 120 und 216 Fuß. Alle Zwischengänge sind 24 Fuß, die Grundquadrate der neben dem mittleren Querschiff laufenden Galerien 48 Fuß breit.

mentaler Gegensatz zu jeder Basilika, denn so erhält der Innenraum trotz seiner ungeheuren Länge eine Zentralachse und deren Durchquerung der Längsachse die Bedeutung eines Zentralraumes.

Dies ward durch eine erst bei der Bearbeitung der Pläne von Paxton selbst eingeführte Änderung des ursprünglichen Entwurfes noch sehr wesentlich verstärkt: der gesamte, das Langhaus durchquerende Mitteltrakt, der »Transsept«, erhielt nämlich an Stelle der ursprünglich geplanten Flachdecke ein gläsernes Tonnengewölbe — in der ganzen Länge von 408 Fuß, in einem Halbkreis von 72 Fuß Durchmesser zu einer Höhe von 68 Fuß über dem Boden aufsteigend. (Abb. 17.)



Ab. 17 Tonnengewölbe von Paxton's Kristallpalast

Unter allem Großen des ganzen Werkes ist diese gewölbte Mittelhalle das Größte — in jenem Sinn, und sie wirkt durch ihren Gegensatz zu der ermüdenden Gleichartigkeit rechteckiger Formen wie eine Befreiung. Allein auch hier sprach zunächst nicht ein raumgestaltender Architekt, sondern ein — Gärtner, der praktisch denkende und handelnde Erbauer der Gewächshäuser von Chatsworth. Das gilt sogar unmittelbar, denn der Hauptgrund für diese Erhöhung der Mittelhalle war, daß sich auf ihrem Terrain im Hydepark herrliche Ulmenbäume befanden, welche weder die Londoner noch Paxton selbst fällen mochten. Indem Paxton sie in sein riesiges Glashaus einschloß, wie zuvor die südlichen Pflanzen von Chatsworth, gab er seinem Bau fast unbewußt einen wesentlich höheren architektonischen Wert.

Diesen empfing durch die Mittelhalle auch das Äußere, das im übrigen nur die folgerichtige Hülle des Innenraums ist: ein riesiger, schmaler, dreifacher Stufenbau, dessen Gesamtprofil vielleicht an das altorientalischer Terrassentempel erinnern könnte

oder — falls es zu einem Hochbau konzentriert würde — an norwegische Stabkirchen, wenn nicht . . . doch hier muß man mitten im Satze innehalten, soll nicht die ganze Erörterung auf eine falsche Bahn geraten. Um das Wesentlichste sogleich knapp auszusprechen: bei dieser ganzen Anlage handelt es sich überhaupt nicht um einen Bau, der nach den Lebensbedingungen der bisherigen Steinarchitektur einen Raum »gestaltet«, sondern um ein »Gehäuse«, das einen Raum mit einem Gitterwerk umschließt und die Flächen zwischen diesem Gitter mit einer durchsichtigen Masse füllt. Es ist ein »Raumumhegen« und »-decken«, kein »Raumbilden«. Man hat hier nicht das Gefühl, daß dem entwerfenden Sinn ein bestimmtes, plastisch greifbares Raumvolumen vorgeschwebt habe, welches er zu formen und zu gliedern unternahm, sondern daß er zu der umgrenzten Form seines Baues und zu dessen Gliederung durch ein Summieren von Einzelvolumen oder besser sogar nur von Einzelflächen und Einzellinien gelangt ist — ein »Summieren«, das sich noch beliebig fortsetzen ließe, ins Grenzenlose.

Solches Vorgehen kennt allerdings auch die frühere Baugeschichte. Schon der altägyptische Tempel ist ein Nebeneinander offener, halboffener und geschlossener »Räume«, die beliebig vermehrt werden konnten und oft in verschiedenen Zeiten vermehrt worden sind, ebenso der altpersische Palast, ebenso im Mittelalter ein Bau wie die Moschee von Cordova; und auch diese Werke zählen wir mit gutem Recht zu den »Bauwerken«. Doch wir stellen sie an baukünstlerischem Wert tief unter die Rangstufe eines kleinen hellenischen Tempels und einer winzigen romanischen Kirche. Vor allem aber: selbst jene durch Addition ins Ungemessene fortzusetzenden Baulichkeiten gehen von der Masse aus, sie »formen« den Stein und formen dadurch auch den von dieser Masse umgebenen und gegliederten Raum. Der Kristallpalast aber geht von der Linie aus und vereint sie mit ihres Gleichen zu Flächen weiter: diese »Flächen« sind teilweise unsichtbar, sie bestehen im weitaus größten Teil aus durchsichtigem Glas, sie umschließen ein Raumvakuum.

Und dennoch ist das Ganze ein »Haus«, nach dem ältesten und strengsten Begriff dieses Wortes: es hat Schutzbedürftiges unübertrefflich gut geborgen, es hat Wand und Decke und ist sogar sehr reich gegliedert! Ja: als dieses nur aus praktischen Erwägungen durch statisches Rechnen und Summieren von Einzelelementen gewonnene Raumgebilde vollendet stand, riß es seine Besucher nicht nur zu jenem Hochgefühl hin, das jede Überwindung größerer Schwierigkeiten als Ausdruck der Kraft des menschlichen Geistes und Könnens hervorruft, sondern zu staunender Bewunderung seiner Eigenart, die man als eine neue Schönheit empfand. Noch heute klingt dies aus den Schilderungen der ersten Eindrücke heraus. Dieser Riesenraum hatte etwas Befreiendes. Man fühlte sich in ihm geborgen und doch ungehemmt. Man verlor das Bewußtsein der Schwere, der eigenen körperlichen Gebundenheit.

Aber die baulichen Mittel, die solche Wirkungen hervorriefen, sind denen der früheren Baukunst entgegengesetzt: keine Schönräumigkeit, von einstrahlendem Höhenlicht wohlig durchflutet, kein Gegensatz von zusammengeballten und aufgelockerten Massen von Schatten und Licht, keine Formverfeinerung vom Boden zur Decke hinauf, keine einzige »Schmuckform« — nur gleichmäßige Helle.

2. Der Hellraum.

Das ganze Gebilde darf man vielleicht am besten »Hellraum« nennen, jedenfalls bezeichnet dies seine sachliche und historische Eigenart.

Das Streben nach Helligkeit ist in der Entwicklungsgeschichte des Innenraumes eine der treibenden Hauptkräfte. In den Wänden der Stein- und Holzarchitektur aber konnte es sich nur als Durchbrechung der Vollflächen äußern, das heißt für die Beleuchtung des Innenraumes: in einem Gegensatz zwischen Licht und Schatten, zwischen hell und dunkel. Dieser Kontrast vor allem ist es, der in uns das Raumgefühl erweckt, und der dem Bau seinen Charakter gibt — seinem Innern, wie seinem Äußern. Und wie dem »Einraum«, so auch der zu einer Einheit verbundenen Folge von Räumen.

Das älteste, größte Beispiel dafür ist der ägyptische Tempel mit der schrittweisen Abnahme der Helligkeit seiner Teile bis zum mystischen Dunkel des Allerheiligsten.

Am Gegenpol steht das Glasgehäuse des Londoner Kristallpalastes mit seiner gleichmäßigen Helle. Sie ist in ihm das Außenlicht selbst, denn seine Grenzflächen sind in einer bisher unerhörten Ausdehnung nur farblose Glasplatten. Für den Blick also sind es — Öffnungen. »Wenn wir uns denken,« sagt Lucae[1], »daß man die Luft gießen könnte wie eine Flüssigkeit, dann haben wir hier die Empfindung, als hätte die freie Luft eine feste Gestalt behalten, nachdem die Form, in die sie gegossen war, ihr wieder abgenommen wurde«. Aber das Stück Atmosphäre, in dem wir uns im Kristallpalast befinden, ist doch aus dem Gesamtraum »herausgeschnitten«; die »Schranke, die sich zwischen uns und die Landschaft gestellt hat, ist eine *fast* wesenlose«[2], aber — sie besteht doch. Begrifflich, zunächst mathematisch, bleibt selbst der vollständige Hellraum noch immer ein dreidimensionaler »Raum« im Sinne des Geometers, gleich den gelegentlich zur Winterszeit in St. Petersburg errichteten Eispalästen. Wo sollte denn logisch auch die Grenze sein, vollends im Zeitalter der Röntgenstrahlen? Wäre ein solches Glashaus erst von dem Augenblick an ein »Raum«, wo sich die wasserhelle Durchsichtigkeit der Glasplatten zu trüben, das heißt zu färben beginnt? Wäre der Bergkristall dann kein Körper, wenn sein schichtenweises Wachstum keine Spuren mehr hinterließ und sein Inneres rein ist wie geschliffenes Glas? Und ist dies kein Körper, der einen Raumwert bedeutet?

Er ist es schon deshalb, weil wir stets, wenn auch nicht die Grenzflächen, so doch die Grenz*linien* wahrnehmen. Das entscheidet auch beim Kristallpalast, und auch im ästhetischen Sinn. Es ist nicht richtig, wenn Lucae an gleicher Stelle sagt, »wie bei einem Kristall gäbe es auch hier kein eigentliches Innen und Außen«. Wir schreiten ja in dieses Innere von außen her hinein, wir stehen darin, wir wissen dies, fühlen die Abgrenzung, den Raumausschnitt, und wir sehen ihn auch, denn die Glasflächen sind — ganz »abgesehen« von den doch immerhin nicht unbeträcht-

[1] Über die Macht des Raumes in der Baukunst. Vortrag in der Singakademie in Berlin am 13. Februar 1869, S. 15.

[2] Lucae a. a. O.

lichen Blechwänden — von einem Liniengerüst fest umzogen. Für die sinnliche Wahrnehmung freilich sind diese Füllungsflächen selbst in Helligkeit fast aufgelöst.

Dem Grundprinzip nach ist dies keineswegs ganz neu; die Vorgeschichte reicht vielmehr mindestens Jahrhunderte zurück, wenn man will: Jahrtausende. Denn sie hebt an, als man die Wände mit glänzenden Metallplatten belegte.

»Glanz« ist uns heut ein allgemeines Sinnbild für lockenden Reichtum an Formen und Farben, ursprünglich aber galt es in gleichem und zugleich in wörtlichem Sinn. Das lehrt die altorientalische und die homerische Welt. Keine vornehmere Wanddekoration kennt sie, als eine Verkleidung mit »glänzendem Stoff«, mit der schimmernden Metallplatte: mit Gold und Silber, vor allem aber mit Erz:

> »Denn wie der Sonne Glanz umherstrahlt, oder des Mondes,
> Strahlte des hochgesinnten Alkinoos ragende Wohnung.
> Wänd' aus gediegenem Erz erstreckten sich hierhin und dorthin,
> Tief hinein von der Schwelle, gesimst mit der Bläue des Strahles«[1].

Ist das nicht dichterische Übertreibung, und dürfte man sich das sogenannte »Schatzhaus des Atreus« in Mykenae in der Tat so mit spiegelnden Erzplatten ausgelegt denken, wie man es im Bilde rekonstruiert hat, so wäre jene geheimnisvolle gewölbte Riesenkammer nicht nur der älteste bekannte Ahne aller Kuppelräume im Sinne der raumgestaltenden Baukunst, sondern auch jener Wanddekorationen, welche die feste Mauer mit dem Glanz spiegelnder Flächen überkleiden.

»Glanz« ist seinem physikalischen Wesen nach: gespiegeltes Licht. Sein psychologisches Wesen aber besteht darin, daß wir dieses »gespiegelte Licht nur als eine Modifikation der spiegelnden Fläche auffassen, die wir daneben noch in ihrer ursprünglichen Farbe und Helligkeit annähernd erkennen«[2]. Die glänzende Metallplatte an der Wand bedeutet also für unsere Augen und Sinne: Auflösung der Wand, der Raumgrenze.

Das ist der erste Schritt zum neuen Raumwert des Kristallpalastes. Im Kuppelraum von Mykenae geschah er möglicherweise bereits so entschlossen, daß man den ganzen Raum einheitlich in diesen Glanz auflöste. Nur eine kleine Tür führte hinein; alles übrige wird Reflex: ein praktisches Mittel, die Dunkelheit zu erhellen, und wiederum zugleich auch ein künstlerisches, dem Raum »Stimmung« zu geben. Dabei aber opferte man jenes Hauptmittel aller Raumgestaltung: den Kontrast. Durch diesen wird die gesamte Entwicklung der Folgezeit bestimmt, aber sie setzt für die hier maßgebenden Gesichtspunkte erst etwa tausend Jahre später ein, und nun nicht mehr mit dem »Glanz« des Metalles, sondern mit dem des Glases.

Es war auch dann noch Jahrhunderte hindurch farbiger Glanz, wie der der Erzplatte, sein wesentlichster Unterschied jedoch beruhte in der Anwendung nicht mehr des Reflexlichtes sondern durchscheinender Strahlen in leuchtender Färbung, und folgerichtig nutzte man diese zum Muster und zum Bilde aus. Die höchste Blüte bringt hier das gotische Kirchenfenster. Ein »Raum«, wie die Sainte-Chapelle in Paris, löst die Wand fast ganz in leuchtenden Farbenglanz auf. Im Sinne physikalisch-psycho-

[1] Od. VII, Vers 81.

[2] Wundt, Physiologische Psychologie. 3. Aufl. 1887, II, S. 179. — Vergl. Schmarsow: Barock und Rokoko. Leipzig 1897, S. 355 f. — Vergl. Göller, Zur Ästhetik der Architektur. Stuttgart 1887, S. 135. »Wir erhalten immer zweierlei Licht von einer glänzenden Fläche, einerseits gespiegeltes oder Glanzlicht, in der Farbe der Lichtquelle, andrerseits das Licht, das der Körper zeigt, die Körperfarbe.«

logischer Wirkung ist dieser jedoch nur ein Ersatz der Wand durch einen Farbstoff, der ihre Bedeutung als Raumabschluß nicht verändert: dieser Farbenteppich trennt von der Außenwelt.

Die wachsende Farblosigkeit des Glases im Blankglas zieht die Außenwelt in den Innenraum hinein, die Spiegelverkleidung der Wände trägt das Bild des Innenraumes in die Außenwelt hinaus. Hier wie dort verliert die »Wand« ihre raumabschließende Bedeutung. Der »Glanz« büßt immer stärker die seinem Wesen angehörende Eigenfarbe ein und wird immer ausschließlicher nur zum Spiegel des Außenlichtes.

Dies vollzog sich im profanen Innenraum des 17. Jahrhunderts, wo nicht mehr nur die Wandöffnung der Fenster in ihrer ganzen Ausdehnung durch die wasserklare Glasplatte ausgefüllt wird, sondern auch die übrige, den Raum umgebende Wandfläche, meist an den Stellen, die der Fensteröffnung gegenüberliegen: in den »Spiegelgalerien der Rokokoräume«.

Die Sainte-Chapelle in Paris bietet eine Entmaterialisierung durch die Farbe — die »Galerie des glaces« in Versailles bietet eine Entmaterialisierung durch das Licht. In anderen Prunksälen dieser Zeit greift sie selbst bis zur Decke hinauf, indem sie auch diese mit Spiegelplatten verkleidet.

Noch immer aber herrscht dabei das Prinzip des Kontrastes. Den in Licht aufgelösten Flächen stehen vollwandige Teile gegenüber, und die Umrahmung — oft auch die teilweise Bemalung und der Belag mit vergoldetem Schnitzwerk — heben die Unkörperlichkeit des Glases gerade durch den Gegensatz umso schärfer heraus. Sowohl in der Sainte-Chapelle, wie in der Galerie des glaces jedoch hat sich dies Verhältnis zwischen Fläche und Licht so gestaltet, daß nicht mehr das Licht die Fläche unterbricht, sondern die Fläche das Licht.

Das ist also als Entwicklung des Raumwertes eine fortlaufende Reihe: an ihrem Ende stehen die Gewächshäuser und die Hallen des Londoner Kristallpalastes. Aus dem Raumwert, den einst der »Glanz« nur veränderte, ist nun nicht nur die lichtdurchstrahlte Farbenfläche ausgeschieden, sondern auch ihr Gegensatz die lichtabwehrende oder lichtdämpfende Fläche überhaupt. Alleinherrscher ward das Licht. Es verliert auch fast ganz seinen sonst unzertrennlichen Begleiter: den Schatten.

3. Das Hohlgerüst.

Schattenlose Helle — das ist für den Menschen gleichbedeutend mit grenzenlosem Raum.

In der Tat war beim Betreten und Durchschreiten des Kristallpalastes dieses Gefühl des »Unbegrenzten« so mächtig, daß es das des Raumes im architektonischen Sinn zunächst fast aufhob. Das war das Märchenhafte des Eindrucks — vergleichbar jener schalkhaften Erklärung, die die nackte Nymphe in Wielands »Prinz Biribinker« von ihrer und ihrer Gespielen »Kleidung« gibt: »Es ist die feinste Art von gewebtem Wasser, von einer Art trockenem Wasser, das von Polyphem gesponnen und von unseren Mädchen gewebt wird!« —

Auch sinnlich erkannt aber wurden die Grenzen der Flächen: die Linien ihres eisernen Gerüstes; und damit schwand dann allmählich auch die erste Vorstellung

eines Unbegrenzten vor derjenigen des neuen Raumwertes. Diesen ganzen psychologischen Prozeß hat schon bei der Eröffnungsfeier der Londoner Ausstellung ein Mann geschildert, der — weder Künstler noch Kunsthistoriker — lediglich den spontanen Eindruck dieses Innenraumes in Worte fassen wollte: *Lothar Bucher.* »Wir sehen ein feines Netzwerk symmetrischer Linien, aber ohne irgend einen Anhalt, um ein Urteil über die Entfernung derselben von dem Auge und über die wirkliche Größe seiner Maschen zu gewinnen; die Seitenwände stehen zu weit ab, um sie mit demselben Blick erfassen zu können, und anstatt über eine gegenüberstehende Wand streift das Auge an einer unendlichen Perspektive hinauf, deren Ende in einem blauen Duft verschwimmt. Wir wissen nicht, ob das Gewebe hundert oder tausend Fuß über uns schwebt, ob die Decke flach oder durch eine Menge kleiner paralleler Dächer gebildet ist; denn es fehlt ganz an dem Schattenwurf, der sonst der Seele den Eindruck des Sehnervs verstehen hilft. Lassen wir den Blick langsamer wieder hinabgleiten, so begegnet er den durchbrochenen, blaugemalten Trägern, anfangs in weiten Zwischenräumen, dann immer näher rückend, dann sich deckend, dann unterbrochen durch einen glänzenden Lichtstreifen, endlich in einem fernen Hintergrund verfließend. Erst an den Seitenwänden orientieren wir uns, indem wir eine einzelne freie Säule heraussuchen, ihre Höhe an einem Vorübergehenden messen und über ihr eine zweite und dritte verfolgen.« —

Also als Brücke vom Unbegrenzten in die tatsächlichen Grenzen, in das Reich der Maße und des Raumes: die *Linie.* —

Das Weltausstellungsgebäude in London, von dem Bucher schrieb, ward 1852 abgetragen, aber es fand zwei Jahre darauf seine Auferstehung in noch beträchtlich größeren Raumweiten in *Sydenham,* acht Meilen von London. Und auch dort müssen wir, trotz des buntscheckigen Inhaltes dieses neuen »Cristal-Palace«, auch heute noch, wo wir an Bauten solcher Art längst gewöhnt sind, die Empfindung Buchers völlig bestätigen. —

Goethe sagt einmal, die Schönheit eines Raumes müsse man auch mit verbundenen Augen fühlen. Im Kristallpalast zu Sydenham fühlen wir dann nur den Segen des Lichtes, die Helle, aber diese Helle ist auch in unserem Erinnerungsbild noch von feinen Linien umgrenzt, durchzogen und gegliedert, und gerade die Linienwelt ist es, die innerhalb dieses Hellraumes künstlerisch wirkt.

Tatsächlich sind freilich auch die Linien im einzelnen wie in ihrem Zusammenhang nur konstruktive Notwendigkeit, nur die Hauptträger der Statik, nicht von der Phantasie erfunden, sondern genau berechnet.

Genau berechnet sind alle Vertikalstützen, die gußeisernen, in verschiedenen Wandungsstärken gehaltenen Hohlsäulen — 1060 allein in dem »grand floor« — und doch sind sie in ihrem Verhältnis zum Raum und in ihrer Reihung ein Hauptmotiv für die *ästhetische* Freude am Ganzen, und Bucher konnte von ihnen sagen: »so schlank, als wären sie nicht da, um zu tragen, sondern nur um das Bedürfnis des Auges nach einem Träger zu befriedigen.« Genau berechnet sind die diagonalen Zugstangen und vor allem die horizontalen aus Guß- und aus Schmiedeeisen hergestellten Fachwerkträger zwischen diesen Säulen: Gurtungen, die in drei Rechtecke mit ihren Diagonalen zerfallen und die Statik eines Hängewerkes mit dem eines Bogens vereinen, eine bei aller Einfachheit statisch günstige Kraftverteilung, welche

»die Metallmasse genau an die Stellen bringt, wo die Lasten angreifen; ein Steifrahmen, welcher die Säulen verbindet und zugleich ihrer Krümmung entgegenwirkt«. Genau berechnet und höchst praktisch für den Ablauf des Wassers ausgeklügelt ist das System des Glasdaches: die Umrisse seiner als Wasserrinnen gestalteten Eisenbalken — das »Paxton gutter« — und das Holzgerüst seiner Satteldächer. Das ganze Liniensystem eine ungeheure Rechnung, bei der die Längen der Galerien allein addiert mehr als eine englische Meile betragen, und die Rahmenlinien allein 900000 Quadratfuß Glasplatten einfassen!

Und doch ist das »Ganze« dieser Linien für Augen und Sinne kein Rechenexempel mehr, an dessen Richtigkeit wir zuversichtlich glauben, sondern ein freies, in den perspektivischen Verkürzungen und Überschneidungen bei jedem Schritt wechselndes Linienspiel, über das die Phantasie entschieden zu haben scheint, und das zur Phantasie spricht, ähnlich wie das Linienspiel der Arabeske. Allein es ist kein Flächenschmuck wie diese, sondern es durchschneidet statisch funktionierend den Raum. Diese seine Tektonik teilt es mit dem hölzernen Fachwerk, nur daß das Gefüge dieser Eisenstäbe im Gesamtraum durchsichtiger und gelenkiger wirkt als selbst das dünnste Holzgerüst. Sie umfassen, durchziehen und decken ihn wie ein weitmaschiges Gewebe.

Und die Fäden dieses Gewebes sind *farbig*. Von den Lehrmeistern feinsten Farbensinnes, von den Arabern, hat der künstlerische Beirat Paxtons, *Owen Jones*, sich sein Wissen von Farbenwirkungen geholt und es dem Charakter des Konstruktionsmateriales und seiner Bauglieder angepaßt: nur drei Farben, blau, rot, gelb, aber mit sorgsamster Überlegung verteilt. Sein Plan wurde hart befehdet, aber die Standhaftigkeit, mit der er an ihm festhielt, fand seinen Lohn. Mit seinen Farben hat er selbst die Linien besiegt. »Ich hatte,« schreibt Bucher, »den Eindruck, daß der derbe Stoff, mit dem die Baukunst arbeitet, völlig von der Farbe verzehrt ist. Das Gebäude ist nicht mit Farben geschmückt, sondern aus Farben aufgebaut.«

In Wirklichkeit ruhen diese Farben auf den Holz- und den Eisenstäben, und nur durch deren Zusammentreten in der perspektivischen Verkürzung werden sie zu Farbenflächen. Das ist gleichsam die Entschädigung, die das Licht in diesem Hellraum für den Mangel des Schattens bietet.

Die stilistischen Träger des ganzen Gebildes sind also nicht sowohl Körper und Flächen, als Linien und Farben. Das ist ungleich wichtiger als seine spärlichen Schmuckformen, die an den Endigungen der gußeisernen, stangenartig dünnen Innensäulen gotischen Kelchkapitälen verwandt sind, am hölzernen Rahmenwerk der Wellblech- und Glaswandungen die renaissancemäßige Abfasung zeigen und die Firstlinie als orientalisierender Zinnenfries begleiten.

Die stilgeschichtlich bleibende Eigenart dieses Baues als Hellraum und Gerüst war also bereits in dem Augenblick bestimmt, in dem sein Schöpfer Paxton nur die Umrisse seines Glasgehäuses in flüchtigsten Strichen vor der Ausstellungskommission selbst skizzierte. Das rote, in Sydenham bewahrte Papierblättchen, auf dem dies geschah, enthält schon den Grundgedanken des rings verwirklichten »Märchens« vom Kristallpalast. —

II.

NEUE WEITE.

DIE MASCHINENHALLE DER PARISER WELTAUSSTELLUNG 1889.

Der wesentlichste Bestandteil einer »Halle« ist ihre Decke. Sogar die Sprachwurzel des Wortes »Halle« selbst wird daraus abgeleitet[1]. Es ist ein überbauter Raum, nicht ein umbauter; die Seitenwände sind gleichsam »verborgen«; sie können auch fehlen. Aber zum Wesen der Halle gehört die Großräumigkeit. Daß der Ton durch sie »hallt«, ist zwar nur ein zufälliger, doch bezeichnender Gleichlaut der Worte: in der Halle bestätigt das Ohr den Eindruck von Größe, den das Auge beim Vergleich mit dem Menschenmaß empfängt. Der deutsche Sprachgebrauch gibt die Bezeichnung »Halle« vorwiegend solchen eingedeckten Räumen, in deren Größe die Längsrichtung vorherrscht. Wenn sie der Weite annähernd gleicht, sagt man meist »Saal«, während das Wort »Halle« sogar mit dem Begriff »Gang« verbunden wird.

Die Überdeckung großer Räume ist ein Hauptteil aller Baukunst, ihre Geschichte das wichtigste Kapitel der Architektur, soweit diese Konstruktion bleibt. Das Grundproblem heißt: »Stütze und Last.« Bei Großräumigkeit wird es am frühesten durch die Pfeiler- und Säulenhalle gelöst, und diese bleibt zu allen Zeiten eine Hauptform architektonischer Raumgestaltung. Deren Wesen aber ist dabei: Raumteilung. Die Raumüberdeckung, von der das Wesen der Halle ausgeht, wird für das Raumgebilde am entscheidendsten, wenn sie ohne jede Mittelstützen erfolgt, wenn sie von Seite zu Seite frei herüberreicht, so daß der Blick völlig ungehemmt den Raum durchfliegt.

Diese »Halle« mit freischwebender Decke hat ihre eigene Geschichte.

Soweit die Überdeckung durch die textile Decke erfolgt — vom Lagerzelt bis zum Riesenvelarium — bleibt sie außerhalb der hier maßgebenden Gesichtspunkte, denn die letzteren gehen nur von der architektonischen Konstruktion aus. Sie beginnt mit der Holzdecke. Am einfachsten wird sie durch die von Wand zu Wand reichende Balkenlage hergestellt, allein diese schränkt die Breite dann auf die Balkenlänge ein. Die erste Raumüberdeckung durch schräg in den Boden gesteckte Holzstangen bot bereits ein Sparrendach[2]: das älteste »Dreiecksprengwerk«. Daraus

[1] Vergl. Grimm, Wörterbuch. »Halle.«

[2] Die Theorie als Erläuterung des Bogens schon bei Alberti, De re aedific. Lib. III, Cap. 13. De flescineis tectis et arcubus, eorum differentia et extructione.

entwickelte sich der freischwebende Dachstuhl mit oder ohne Balkenlage, als Hänge- und als Sprengewerk. Seine Konstruktion als Raumüberdeckung, als »Dach«, gleicht in vielen Punkten derjenigen der Raumüberbrückung als »Brücke«. Die Zimmermannskunst des Altertums, die das Holzbogensprengewerk der Trajansbrücke über die Donau schuf, hat schon in der Alexandrinischen Epoche und vollends in der römischen Kaiserzeit auch große Hallen frei überspannt.

Das kam den Dachstühlen der altchristlichen Basiliken zu gute, doch bevorzugen diese zunächst die Balkenlage mit der antiken Kassettendecke. Den offenen Dachstuhl zeigt erst die Spätzeit des Basilikenbaues und das Mittelalter: oft schon recht verwickelte, mehrfache Hängewerke [1]. Die zweite geschichtliche Blüte dieser freischwebenden Hallendächer aus hölzernem Sparrenwerk bieten die mittelalterlichen Kirchen des holzreichen Nordens, Skandinaviens und vor allem Norwegens, dann die Normannenarchitektur Englands und der Normandie, wo die am Schiffbau ausgebildete Konstruktion in »Kielverband« den Raum kühn überspannt und dabei sowohl die Bogenlinie, wie zuweilen durch Brettverschalung selbst die halbkreisförmige Bogenfläche zeigt. Das mächtigste über einer Halle frei schwebende Holzgewölbe, das es wohl überhaupt gibt, spricht nicht die Weihe eines Kirchenraumes aus, sondern das Selbstbewußtsein eines städtischen Gemeinwesens. Es ist das des »Salone« im Palazzo della Ragione zu Padua [2]. Dort bilden die verschalten, durch Zugstangen verbundenen Rippen über einem Raum von 87 m Länge und 27 m Breite ein 24 m hohes Spitzbogengewölbe, bar aller Dekoration, aber in seinen ruhigen Flächen von weit höherer Monumentalität, als selbst die großen offenen Dachstühle, an denen die italienischen Kirchen des späteren Mittelalters und der Renaissance reich sind, und sogar als die dekorativ so üppige Westminsterhalle in London.

Die Paduaner Halle nennt Goethe einen »überwölbten Marktplatz«. Schon im Mittelalter sind es vor allem die Warenniederlagen und Verkaufsstellen, die möglichst weit bedeckte Hallen forderten und durch die Holzdecken erhielten. Dabei aber handelt es sich meist um unterstützte Decken. Die freischwebende Balkendecke zieht sich meist in das Innere der Klöster, Burgen und Schlösser, insbesondere aber in Rat- und Zunfthäuser zurück, und während der Renaissance gibt sie dort und in den Palästen meist wieder durch ihren Kassettenschmuck dem Hauptsaal sein Gepräge. Bei den gewaltigen Spannweiten der Säle und besonders auch der Treppenhäuser, welche die Schlösser des 17. und 18. Jahrhunderts und ebenso seine Theater verlangen, wird der Holzkonstruktion manche außerordentlich schwere Aufgabe gestellt und mit erstaunlichem Können gelöst, aber dem Beschauer bleibt diese Leistung unter der Pracht der Stuckfiguren und der Freskogemälde völlig verborgen [3].

Der aus geraden Holzsparren bei großen Spannweiten oft als fünffaches Hängewerk zusammengesetzte Dachstuhl enthielt eine solche Materialfülle und bot einen so schwerfälligen Anblick, daß dieser bei Monumentalräumen in der Tat kaum erwünscht sein konnte. Allein schon seit der Mitte des 16. Jahrhunderts stand dafür

---

[1] Einschiffige Kirchen mit offenem Dachstuhl oder hölzernem Gewölbe u. a. in Padua: Kirche der Eremitani (erneut 1319); Venedig: S. Stefano (erneut), S. Giacomo in Orio; Verona: S. Fermo Maggiore (1313), ein 16 m breites Schiffskielgewölbe aus Lärchenholz, erneut 1835.

[2] Das berühmte Werk des Giovanni degli Eremitani 1306, 1420 nach Feuersbrunst erneuert.

[3] Man denke etwa an Fischer von Erlachs Treppenhaus des Würzburger Schlosses.

Halle des St. Pankraz-Bahnhofs in London

auch die Bohlenkonstruktion zur Verfügung, bei welcher statt der geraden Holzsparren leichtere, durch Querriegel verstrebte Bohlenbögen benutzt wurden. Diese zuerst von Philibert Delorme über der Halle au Blé in Paris angewandte Konstruktion ist im 18. und besonders im 19. Jahrhundert bei wachsendem Abstand der Hauptbinder besonders kühn verwandt und mannigfach verbessert worden, ihr Hauptfeld blieb jedoch die Überdeckung von Nutzbauten, insbesondere von Verkaufshallen und Reitschulen [1]. Was man mit diesen Bohlenkonstruktionen im 17. Jahrhundert erreichte, zeigt beispielweise Fischer von Erlachs Reitschule in Wien. Einer der berühmtesten freischwebenden Dachstühle des 18. Jahrhunderts ist der des Darmstädter Exerzierhauses [2] über einer Fläche von 3340 qm (1771); einer der besten der über dem Exerzierhaus in Moskau mit Spannbalken von fast 50 m Länge [3].

Neben solchen Nutzbauten traten nun aber die Ausstellungshallen des 19. Jahrhunderts mit künstlerischen Ansprüchen auf. In der Tat hat die Holzdecke im Dienste des Ausstellungswesens sowohl konstruktiv wie dekorativ eine Fülle vortrefflicher Leistungen gezeitigt. Nur waren es meist kurzlebige Gelegenheitsbauten und — ihre Dauer ist recht oft durch den Erbfeind aller Holzarchitektur, das Feuer, auf wenige Tage beschränkt geblieben. Diese ständige Gefahr vor allem war es auch, die zuerst bei mittelalterlichen Kirchenschiffen [4], dann bei den Markt- und Börsenhallen und besonders bei den Bahnhöfen zum Ersatz des hölzernen Dachstuhles durch den eisernen führte. Einen Markstein bildet hier wiederum die Halle au Blé in Paris [5].

Die erste eiserne Bahnhofshalle von bedeutenderen Abmessungen war der *Limestreet-Bahnhof in Liverpool,* flachbogig, in abwechselnden Lagen von Glas- und Wellblechplatten gedeckt, 114 m lang und fast 47 m breit. Sie wurde 1851 dem Verkehr übergeben: im Jahre des Londoner Kristallpalastes, der dem Eisen-Glasbau einen Weltruhm geschaffen hatte. Auch in diesem Weltausstellungspalast im Hydepark war der Hauptteil, der Mitteltranssept, eine gewölbte Riesenhalle. Aber sie befand sich dort mitten zwischen flach gedeckten, niedrigeren Glasräumen, und sie ruhte auf einem Wald von senkrechten, dicht aneinander gerückten Eisenstützen. Als ungeteilter Einraum glich sie mehr einem Hallengang.

Was die Eisen-Glaskonstruktion an Stelle des Holzwerks bei gewaltigem Maßstab für das Ideal eines gewölbten Einraumes zu bieten vermochte, zeigte erst fünfzehn Jahre später (1866) der *St. Pankraz-Bahnhof in London,* das Werk des Ingenieurs *W. H. Barlow.* Bei neuen Maßen bot er auch neue Maßverhältnisse: 224 m Länge, 73 m Breite, aber nur 31 m Höhe [6]. Diese Bahnhofshalle ist also der erste große Breitraum. (Tafel III).

---

[1] Über die Emgschen und Ardaudschen Dachkonstruktionen vergl. Gottgetreu a. a. O. II., S. 219 ff.

[2] Von Rondelet stark getadelt.

[3] Der Baumeister war Betaucourt. Eine Veröffentlichung erschien 1819 in St. Petersburg.

[4] So erneute in Deutschland 1827 Georg Moller die 1793 zerstörte Kuppel über dem östlichen Chor des Mainzer Domes [15 m Durchmesser] ganz in Schmiedeeisen. (Vergl. Heinzerling, Der Eisenhochbau der Gegenwart. III. Leipzig 1885 und Gottgetreu a. a. O. S. 256.) In Frankreich, wo man schon 1820 die Turmspitze der Kathedrale von Rouen in Gußeisen ausgeführt hatte, wird 1836/38 der Dachstuhl der Kathedrale von Chartres in Schmiede- und Gußeisen konstruiert.

[5] In Frankreich wurden die Schmiedeeisenkonstruktionen *Angv's* schon 1785 sogar von der Académie d'Architecture empfohlen.

[6] Die Breite verhält sich zur Höhe also etwa wie 12 : 5 ; im Kristallpalast war das Verhältnis: 9 : 8.

Und zu dem neuen Maßverhältnis zwischen Höhe und Breite kommt ein neues Formenverhältnis zwischen Decke und Wand. Der nach dem basilikalen Schema abgestufte Kristallpalast hatte zwischen ihnen noch streng geschieden, ebenso der Bahnhof von Liverpool; die Wände bleiben dort vertikal. Am St. Pankraz-Bahnhof dagegen gehen die Dachbinder als flache Spitzbogen bis zum Boden herab [1].

Alle diese neueren Charakterzüge der Eisenhalle erhielten ihren größten Maßstab etwa zwei Jahrzehnte später bei derselben Pariser Weltausstellung, für die das Eisen den höchsten Turm der Erde schuf: 1889 in der Maschinenhalle.

Sie war nicht mehr, wie der Londoner Kristallpalast, das Werk eines zum Bauingenieur gewordenen Laien, sondern das aufs beste geschulter Fachleute, des Architekten *Dutert* und des Ingenieurs *Contamin*, die dabei reiche fremde, wie eigene Erfahrung nutzen konnten. Neben Eiffels Riesenturm hat diese Halle auch noch der nächsten Weltausstellung auf der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert ihr Größen-

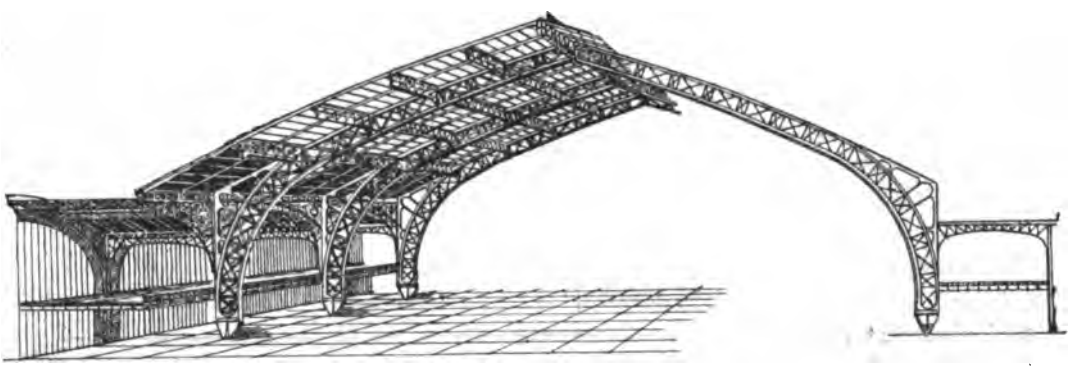


Abb. 18. Hallenbau der Pariser Maschinenhalle auf der Ausstellung von 1889.

gepräge gegeben, und ihr Maßstab ist bisher überhaupt nur einmal — im Palais der schönen Künste in Chicago 1893 — und nicht beträchtlich übertroffen worden. Von dieser Pariser Maschinenhalle also darf die Charakteristik des eisernen Hallenbaues hier ausgehen.

* * *

Der Gesamtorganismus wird schon dem ersten Blick klar.

Auf den beiden Langseiten steigen in Abständen, die nahezu gleich weit erscheinen [2], je zwanzig Gitterträger auf. Vom Boden an sind sie einander zugeneigt, zunächst in einer Kurve, dann aber in fast gradlinigen Auslegern, deren Schräge gering bleibt [3]. Diese zwanzig Querbinder sind die Hauptrippen des Ganzen. Gerad-

[1] Bei weitaus kleineren Räumen findet sich dies zuweilen auch schon früher, so schon bei der ältesten eisernen Längshalle Österreichs (1820), die das Schwimmbassin des Wiener »Dianabades« als Tonnengewölbe mit etwa 19 m Spannweite überdeckt. Der Kreismittelpunkt liegt dort nur 30 cm über dem Boden. Die Erbauer sind Förster und Etzel. Vergl. Försters Bauzeitung 1853, S. 113, Bl. 512; danach Gottgetreu a. a. O. S. 253 ff. mit Abbild.

[2] Die wahren Entfernungen sind verschieden. In den Mittelfeldern beträgt der Abstand 26,40 m; in den beiden äussersten 25,20 m; in den übrigen Feldern 21,50 m.

[3] Duterts erster Entwurf zeigte ein Tonnengewölbe.

Maschinenhalle auf der Pariser Weltausstellung von 1889

linig durchschneiden sie die Reihe der parallel zum First laufenden, weitaus niedrigeren und dünneren Fachwerkträger, welche die Hauptrippen pfettenartig verstreben und miteinander wieder durch je drei den Dachbindern parallele Sparrenstäbe verbunden sind. Diese tragen die Glas- und Wellblechplatten. (Abb. 18).

An jeder Langseite läuft dieser Riesenhalle je ein Seitengang von 15 m Breite bei einer Höhe von nur 8 m parallel; trotzdem darf die Halle hier als Einraum behandelt werden.

Mit ihrem Rippenwerk, das dem eines ungeheuren, mit dem Kiel nach oben aufgestellten Flachbootes gleicht, überdeckt sie, die Seitengänge eingerechnet, eine Fläche von 48324,9 qm.

Die freie Wölbung der Sophienkirche in Konstantinopel überspannt ca. 2400 qm. Die Gesamtlänge der Pariser Maschinenhalle (422,49 m) übertrifft die des Schlosses von Versailles (414 m), das bei einer Höhe von 22 m und bei einer dem Mitteltrakt entsprechenden gleichmäßigen Breite von 90 m bequem unter sie gestellt werden könnte. Die Gesamtbreite (114,30 m) ist wesentlich größer als die des Ammontempels in Karnak (106,70 m); sie ist etwa dreieinhalbmal so groß wie das Lichtmaß der Sophienkirche (33 m) und fast zweidreiviertelmal so groß wie das der Peterskuppel (42,5 m); selbst die lichte Höhe (46,675 m) bleibt hinter der der St. Sophienkuppel (57,05 m) nur wenig zurück.

Aber nicht in den Dimensionen liegt das »Neue« dieses Raumgebildes, sondern in ihrer Verbindung mit den Proportionen, besonders in der Breite der deckenden Hauptfläche im Verhältnis zur Höhe. Bei der Sophienkirche ist dieses Verhältnis 5:9; bei der Pariser Maschinenhalle etwa 10:4. (Tafel IV).

So bietet sie vor allem: *neue Weite.*

Von den drei Ausdehnungen des Raumgebildes[1] ist für den Raumwert der Baukunst die eindrucksvollste zweifellos die Höhe. Sie ist die »Dominante«, die der Körperachse des Menschen entspricht. Im ästhetischen Rang folgt sodann die Tiefe (Länge), »die Richtung unserer freien Bewegung nach vorwärts und zugleich unseres Blickes«. Die Ausdehnung dieser Bewegungsfreiheit nach den Seiten, die Breite, folgt zuletzt.

Auch in der geschichtlichen Entwicklung des hallenartigen, ungeteilten Einraumes hat die Höhe bisher eine viel wesentlichere Rolle gespielt als die Breite. Die Gründe dafür waren sowohl konstruktiver wie ästhetischer Art.

Dem gesamten Süden, dem Urboden der großen Bausysteme, dem der Binnenhof und die Hypäthralcella genügten, war die Breitenausdehnung der Hallen willkommen. Sie bleibt dort selbst dem basilikalen Aufbau mit seinen Abstufungen. Das bewirkte, unterstützt oder freischwebend, vor allem die Holzdecke. Das Gewölbe konnte ungeteilte Weite nur in beschränktem Maßstab bieten. Wo es solche erstrebte — in manchen Sälen römischer Thermen und Kaiserpaläste und in der Sophienkirche in Konstantinopel —, wurden außen ungeheure Mauerstärken als Widerlager nötig. Über das Oblongum einer Halle vermochten sich dabei die Kreuzgewölbe und Kuppeln nur in mehrfacher Reihe zu spannen. Die ihm am unmittelbarsten entsprechende Gewölbeform war das Tonnengewölbe, aber bei diesem

[1] Vergl. hierzu: Schmarsow, Das Wesen der architektonischen Schöpfung. Leipzig 1894, S. 15 ff.

wurde die notwendige Mauerdicke noch mißlicher. In den Hallen der Antike findet es sich nur vereinzelt, in der monumentalen Steinarchitektur der Kirchen zuerst nur episodisch und innerhalb landschaftlich enger Grenzen — in den romanischen Bauten Südfrankreichs —, und es bildet dort nur einen dunklen Hallengang, beherrscht vom Geist der Schwere.

Diesen aus den gewölbten Kirchenhallen ganz zu bannen, gelang erst der Gotik und ihrem System von Kreuzgewölben. Aber nun siegte die Höhe völlig über die Breite. Im Hauptschiff des Kölner Domes verhalten sich beide wie 3 zu 1. Alles weist »empor«; die Wände selbst wachsen in die Deckenwölbung hinein. Es ist die Glanzzeit des hohen, lichten Hallenganges.

In der gotischen Halle *wird* die Schwere überwunden — in der Renaissancehalle *ist* sie überwunden. Deren Langhauskirchen folgen von neuem der basilikalen Form; die einschiffige Kirchenhalle ist der Renaissance meist nur als Vorbereitung oder Ausstrahlung der Kuppel erwünscht. Die Renaissance gibt aber überhaupt keiner bestimmten Raumdimension den Vorzug; ihr Wesen besteht vielmehr auch hier gerade in dem harmonischen Ausgleich.

Einschiffige tonnengewölbte Kirchenhallen bleiben in der Frührenaissance selten; ihr schönstes Beispiel ist wohl Albertis kassettiertes Tonnengewölbe von S. Andrea in Mantua. Aber die Hochrenaissance denkt anders, und nachdem Vignola in »Il Jesu« seine volle Kraft gerade für diesen Hallentypus eingesetzt hatte, wird derselbe die longitudinale Norm der Barockkirche: als gewölbte »Halle«, die selbst die Kapellen nur als Erweiterung ihres eigenen Raumes hinzunimmt, breiter als je zuvor. Doch auch in dieser Barockhalle herrscht der Zug »nach oben«, die emporgewandte Ekstase, wie sie in den Deckengemälden aufjauchzt. So lange Kirchenräume mehr sein wollen als Versammlungsräume, solange sie den Gedanken des Ewigen bergen sollen, wird der ungeteilte Einraum ihnen nur bei einem Übergewicht der Höhe über die Breite genügen.

Anders im Profanbau. Viele seiner Nutzwerke forderten möglichst weite gedeckte Hallen. Wo sie als Versammlungsräume dienten, brachte gerade die Breite das Selbstbewußtsein der Bürger, Zünfte und Handelsherren zum Ausdruck. Den Übergang zum Kirchlichen zeigen hier manche Klosterräume. Und wie in der Burg der nordischen Recken die aus Holz gezimmerte Halle, so war auch im Stammsitz der ritterlichen Geschlechter die breite gewölbte »Halle« der Hauptteil. Saalartig herrscht sie im »Palazzo«, mit stärkerer Betonung der Längsachse im »Chateau« und im Schloß. Vom Palast der italienischen Hochrenaissance übernimmt das französische Königsschloß die »Galerie«, die — wie in der »Apollogalerie« des Louvre und in der »Spiegelgalerie« in Versailles — zum Sinnbild der Majestät selbst wird. Beide bezeichnen den Triumph der breiten, ungeteilten gewölbten Halle im Haus- und Schloßbau.

Ihr neuer Siegeszug im 19. Jahrhundert beginnt zunächst wiederum im Zeichen des reinen Nutzbaues, mit Lager- und Markt-, Werkstatt- und Fabrikhallen: zur Kunst führt sie hier die Aufgabe der Bahnhöfe — und vor allem der Ausstellungen. Und überall ist da das Bedürfnis nach ungeteilter Breite so groß, daß ihm die steinerne Wölbung und die Holzdecke nur sehr bedingt genügen können. Sowohl für den materiellen wie für den ideellen Zweck wird hier das geeignetste Baumaterial das Eisen. Seine Kohäsionsfähigkeit verändert dabei sogar die Beziehung der Wand

zur Decke, in ähnlichem Sinne wie die steinerne Einwölbung der gotischen Kirchen, aber gleichsam in anderer Richtung. In der Gotik wachsen die Wände in die Decke hinein — in den Eisenhallen vom Typus des St. Pankraz-Bahnhofes und der Pariser Maschinenhalle gleitet die Decke ununterbrochen in die Wand über. Die Überdeckung des Raumes ist hier also zugleich eine seitliche Umschließung: das Wesen der »Halle« hat hier in Eisen und Glas seine unmittelbarste und zugleich gewaltigste Verkörperung gefunden.

Und neben dieser neuen, neu umgrenzten Weite bringt sie als zweiten Charakterzug die *Helle.*

Auch sie ist in diesem Hallentypus »neu»; das zeigt selbst der flüchtigste Rückblick auf dessen Beleuchtungsverhältnisse.

Die Hypäthralhalle empfing ihr Licht von oben; die von der hypostylen Säulenhalle des altägyptischen Tempels bis zur gotischen Kathedrale reichende Hallenform der Basilika aber hatte seitliches Oberlicht. Dieses herrschte auch in den mit Kreuzgewölben überspannten Hallen der römischen Kaiserpaläste und Thermen: es fiel durch die Öffnungen der Stirnbögen ein[1].

Die tonnengewölbten Hallen südfranzösischer Kirchen erhielten überhaupt nur wenig Licht und von der Seite her kein unmittelbares. Das ganze Raumgefühl, dem sie entstammen, empfand jede Durchbrechung der Masse als eine solche der monumentalen Ruhe[2]. So auch bei den Hängekuppeln der Sophienkirche und den nach diesem Muster mit kleinen Fenstern durchbrochenen romanischen Kuppeln. Die Renaissance aber empfand die lichtspendende Öffnung als befreiende Schönheit. Das »reine Tonnengewölbe« nahm daran nur allmählich Anteil. Im Sinne der Frührenaissance sagt Burckhardt, es sei »eigentlich« nur dann schön, wenn es als dunkler Durchgang zwischen zwei lichten Räumen wirkt, sonst bliebe es entweder zu dunkel oder es erhalte ein fatales Unterlicht. Aber schon in den Hallen des 15. Jahrhunderts beginnt jene Beleuchtung, die neben der basilikalen für den gesamten monumentalen Hallenbau der Folgezeit, insbesondere für die Hallen der Barockkirche maßgebend blieb: die Durchbrechung der Tonnen- oder Spiegelgewölbe durch hohe Fenster unter Stichkappen. Wieder also das seitliche Oberlicht, doch bereits nicht mehr als Öffnung der vertikalen Seitenwände aufzufassen, wie in der Basilika, auch nicht nur in die Wölbung selbst eingeschnitten, wie in der Sophienkirche, sondern bereits gleichsam von der Wand in die Wölbung selbst hineingezogen. In den Galerien der Schlösser kam das ausgiebige, selbst von der Vollwand oft aus Spiegeln zurückstrahlende tiefe Seitenlicht hinzu.

Mit anderen Beleuchtungsverhältnissen rechnete die *Holzdecke.*

Die Entwicklung, soweit sie hier in Betracht kommt, beginnt im antik-römischen Wohnhaus. Dessen hallenartiger Hauptraum, das Atrium, empfing sein Oberlicht zuerst durch das große, offene Lichtloch in der Mitte, das von den Deckenbalken und den rings zu den Außenmauern aufsteigenden Pultdächern umzogen war. Wenn

[1] Daß man dort die für die oblongen Hallen verwandten Tonnengewölbe im Scheitel zu einem Oberlicht durchbrochen habe, ist nicht erweislich.

[2] Im Schiff fehlen die Fenster ganz oder sind doch nur unscheinbar und unregelmässig angebracht. Das Hauptlicht kommt aus der Apsis und der Kuppel, und wo diese fehlen, aus einer großen Öffnung in der westlichen Giebelwand. (Dehio.)

die letzteren nach außen abfielen und die Öffnung des »Impluviums« von Ecksäulen gestützt wurde, war die Möglichkeit für eine laternenartige Überhöhung des Mittelraumes gegeben. Es fehlt nicht an Belegen dafür, daß dieses »Oberlicht« wie in den Hallen der forensischen Basiliken, so auch im Hauptsaal des reicheren römischen Hauses und insbesondere der Kaiserpaläste üblich war.

Diese laternenartige Überhöhung vermochte der konstruktiv als Hänge- und Sprengewerk ausgebildete hölzerne Dachstuhl auch ohne Stützen über dem ungeteilten Raum zu tragen, aber am häufigsten geschah dies natürlich über vieleckigen Räumen mit gleichen Seiten. Beim Oblong stieß man dabei auf Schwierigkeiten. Seine offenen Dachstühle selbst sind meist völlig eingedeckt, höchstens zwischen den Sparren durch Lücken unterbrochen. Die maßgebende Beleuchtung bleibt, wie bei den flachen Balkendecken, eine seitliche. Das bezeichnendste Beispiel dafür ist wiederum der »Salone« im Palazzo della Ragione in Padua, dessen im Spitzbogen gewölbtes Holzdach nur eine Reihe spärlich verteilter Lichtluken zeigt.

Die Hauptwandlung brachten auch hier die neuen Bedürfnisse des 19. Jahrhunderts, denen mit dem Eisen der Aufschwung der Glasfabrikation entgegenkam. Alle obengenannten Gattungen von Hallen brauchten starke Helligkeit. Die Eisenkonstruktion bot überall nur ein Gerüst; dessen Dachfläche ist gleichsam ein starr gewordenes Netzwerk; seine Maschen ließen sich durchweg — wie am Londoner Kristallpalast — durch Glasplatten füllen. Dann ward es, wie dieser, ganz zum Hellraum. Oder man löste die Decke ganz in Oberlicht auf. Das geschah bei vielen Hallen des Nutzbaues. Man konnte die Halle aber auch nur zonenweise durch Glas eindecken und zonenweise mit undurchsichtigen Platten von Kupfer oder Wellblech; und je nachdem man die Lichtzone dann in die Mitte oder, verdoppelt, an die Seiten verlegte, je nachdem man sie als Ganzes oder als Streifen behandelte; je nach dem Grade endlich, in dem man das Seitenlicht von den Längs- und Schmalwänden zum Oberlicht hinzunahm, entstanden für den Gesamtraum verschiedenartige, neue Beleuchtungsverhältnisse.

Schon heute bieten die Eisenhallen gerade für diese Kombinationen eine ungemein reiche Reihe von Beispielen. An Einheitlichkeit und Größe aber ist die Pariser Maschinenhalle auch hierin bislang unübertroffen. Ihre Seitengänge erhalten durch die großen Halbkreisbögen der Außenwände und durch kleine zwischen diesen Bögen, aber höher gelegene Rundfenster im wesentlichen Seitenlicht. Oben sind sie mit Zink eingedeckt. Über der Fläche der Haupthalle jedoch nimmt dieses — abgesehen von den mit ihm ganz geschlossenen beiden äußeren Feldern — nur das untere Fünftel ein: die ungeheuere Gesamtfläche des eigentlichen Daches, das heißt also dessen ganzer, nach Art eines Satteldaches gestalteter Oberteil, trägt auf den Sparren lediglich Glas, während unten, zwischen den gebogenen Teilen der Rippen, das Seitenlicht von den Nebengängen her einflutet. Das eigentliche, aus ca. 2 m langen, ca. 500 mm dicken Glasplatten gebildete Oberlicht hat eine Gesamtfläche von ca. 34 700 qm. So wird diese Pariser Maschinenhalle zum bisher gewaltigsten Denkmal *lichter* Weite.

Zugleich aber ist diese Halle — und das ist ihr dritter Charakterzug, der ihre baugeschichtliche Bedeutung bestimmt — bezüglich der rein *konstruktiven Formen* des *Aufbaues* selbst von höchst bezeichnender, durch die Riesenmaße besonders eindringlicher Eigenart.

Man muß sich darüber klar werden, daß dieser ungeheure Einraum und Hellraum als Konstruktion in weit höherem Grade ein »Neues« ist, als der Londoner Kristallpalast. Dessen rechtwinklige und halbrunde Massen bedeuten schließlich nur eine Steigerung der aus dem hölzernen Fachwerkbau bekannten Raumgebilde zu unerhörtem Maßstab, nur mit Glasfüllungen in den Gefachen. In der Pariser Halle aber tritt an Stelle der Wand die vom Boden aufsteigende Kurve, und an diese schließt sich das giebelförmige Satteldach als organische Fortführung in einer Breitenausdehnung an, die in anderem Material als im Eisen ganz undenkbar wäre.

Jahrtausende haben uns daran gewöhnt, für den freitragenden Bogen die Sicherung in Widerlagern oder in Verstrebungen und Zugstangen zu sehen. Der Bogen drückt nach außen; dem muß durch Masse oder Kraft begegnet werden. Jene bietet der Strebepfeiler, diese die einer Bogensehne vergleichbare Zugstange.

Auch im Bogensprengewerk dieser Maschinenhalle wirkt auf die Auflager ein Horizontalschub nach außen — das unterscheidet das Bogengespärre vom Fachwerkgespärre, dessen Stützpunkte nur vertikal belastet sind. Auch hier müssen Widerlager oder Zugstangen dem entgegenarbeiten. Aber die Verteilung der Lasten und Kräfte auf dieses eiserne Bindergespärre ist eine völlig andere als beim Stein- oder beim hölzernen Bogensprengewerk. Die Bögen dieser Halle setzen sich aus zwei symmetrischen Stücken zusammen, die von den Langseiten her zum Mittelfirste aufwärts- und zusammeneilen. Dort sind sie nur durch ein »Gelenk« verbunden, ihre Enden berühren sich nicht einmal; zwischen ihnen bleibt ein runder Drehzapfen. Er ist sowohl für die Kräfteverteilung wie für den Blick ein »Unstetigkeitspunkt« dieser sich von rechts und links herüberschwingenden Kurven. Auch der Fußteil[1] dieser Gitterträger zeigt eine für jedes andere Material undenkbare Form, die, schon in zahlreichen kleineren Bogenträgern erprobt[2], hier ihren Riesenmaßstab erhält. Wieder handelt es sich um die Gelenkverbindung. Nach Analogie der Stein- und Holzbögen sollte man erwarten, daß die Bögen am Boden selbst am breitesten sind, daß sie bei der Längsansicht der Halle mit breiten Flächen aus dem Boden aufsteigen. Gerade das Gegenteil aber findet statt: sie wachsen aus dem Boden als Dreiecke heraus, deren Spitze nicht weit unter dem Boden liegt. Dieselbe wird auch dort — wie am Scheitel — in Wirklichkeit von einem Gelenk eingenommen; der Trägerfuß erscheint also als ein nach unten zusammenlaufendes Trapez, für das Auge setzen aber auch diese Anfangsteile der ganzen ungeheuren emporschießenden Trägerkraft mit knappem Anlauf von einem Nullpunkt her ein[3]. Durch die drei Gelenke an den Kämpferpunkten und am First wird die ganze Konstruktion zu einem statisch bestimmten, stabilen System[4].

[1] Die Absicht, ihn bis zu einer Höhe von 3 m zu ummanteln, wurde glücklicherweise nicht ausgeführt: die Eigenart des Baues hätte dadurch beträchtlich Einbuße erhalten.

[2] Erste Anwendung nach Vierendeel in Schwedlers Retortenhäusern der Berliner Gasanstalten (1863). E. Zeitschr. f. Bauwesen 1869, S. 65, Taf. 24 bis 27.

[3] Zuweilen ist allerdings gerade aus ästhetischen Gründen das Dreieck an dieser Stelle versteckt worden; beispielsweise an dem Eisenblechträgerbogen der Brücke über den Harlem River bei Neuyork.

[4] Wieder bereitete die wirkliche Ausführung neben der »sicheren« Berechnung noch gewaltige Schwierigkeiten. Die ganze ungeheure Last konzentrierte sich auf die 40 Stützpunkte — die Kämpfergelenke — der 20 Binderfachwerkbögen. Das bedeutete für die Fundamente einen senkrechten Auflagedruck von je 412000 kg und einen Horizontalschub von 115000 kg. (Das Durchschnittsgewicht

Wenn irgend einer der modernen Riesenbauten in Eisen zunächst ausschließlich ein Werk des Rechnens und der Technik ist, so diese Halle. Ihr Baumaterial bilden die heute üblichen konstruktiven »Rohformen« ohne jedes Dekorationsdetail. Daraus ist ein ungeheueres Gerüst zusammengesetzt, ein Knochenbau ohne Fleisch. Künstlerischen Maßstab soll und kann man hier nur an den Raumwert, an das perspektivische Gesamtbild des ihn umschließenden Gerüstes legen. Vom Gesamtraum ward schon gesprochen. Seine Eigenart steht geschichtlich fest. Seine Maße machen diese Halle zu einem unvergeßlichen Denkmal für die konstruktive Schaffenskraft des 19. Jahrhunderts. Mir scheinen auch ihre Proportionen von freilich ungewöhnlichem, aber eigenartigem Reiz. Von anderer Seite — besonders von Vierendeel — sind sie der geringen Höhe halber stark getadelt worden. Allein sie waren doch in solchem Grade zweckentsprechend, daß diese Halle auch, abgesehen von aller technischen Kühnheit, lediglich als Raumtypus bedeutsam bleibt. Für ein Ausstellungslager ist die Breite die rechte Hauptdimension. Die »Decke« hat hier nur zu »decken«, nicht den Blick emporzulenken. Die ganze Halle gleicht einem Zelt — aber es ist ein Zelt, wie es die Erde nie zuvor trug!

Man hat auch die Form der Bogenbinder selbst getadelt. Die Gurtungen hätten einen zu großen Abstand voneinander und der Raum zwischen ihnen, den nur die dünnen Radial- und Querstege durchziehen, bliebe zu »leer«; geringere Höhe und eine Blechverkleidung hätten besser »gewirkt« (Vierendeel).

An Übersichtlichkeit und Ruhe hätte das Gesamtbild durch solche vollen Rippen wohl gewonnen. Aber an Neuheit und Kühnheit hätte es verloren. Denn diese bestehen eben für das Auge gerade in der Durchsichtigkeit des Eisengerüstes, das in der Gesamtperspektive dünn und leicht wirkt wie ein feines und doch sicheres Netzwerk. Allerdings sind dessen Maschen hier noch zu wenig übersichtlich. Die Stäbe vervielfältigen und überschneiden sich tausendfach. Man wünschte eine rhythmische Gliederung in größeren Abständen. Die Rechnung wiederholt immer von neuem die gleiche Operation mit dem gleichen Ergebnis. Sie ist zu einfach, und daher ist auch das auf ihr beruhende Gebilde für den höheren Gesichtspunkt der Baukunst zu »einförmig«. Es bleibt nur eine Großkonstruktion.

Ihr Meister, *Dutert*, konnte aus Eisen, Metallplatten und Glas aber auch Kunstwerke schaffen. Das bewies er in der Dekoration der beiden Seitenfronten, vor allem aber in der Front und der Kuppel des der Halle vorgelegten »Dôme centrale». Dieser »Dom« ist ein Hauptdenkmal aller bisherigen Eisen-*Architektur* und wird uns als solches, gleich jenen Seitenfronten und den inneren Treppenanlagen der Maschinenhalle, später noch eingehend beschäftigen. Diese selbst aber durfte und *sollte* lediglich eine Eisenkonstruktion bleiben. — Wie man das Eisen-Glasgehäuse im Hydepark »Krystallpalast« taufte, so nannte man auch die Pariser Halle »Palais«. Aber es war ein »Palais des Machines«. Tausende von Maschinen, Hunderttausende blinkender, schimmernder Metallgebilde aus Eisen und Stahl, aus

einer preußischen Lokomotive ohne Tender beträgt heute etwa 40000 kg.) — Bei der Montierung benutzte die Société Cail ein zusamenhängendes Gerüst, das jeweilig Stücke mit dem Meistgewicht von 3000 kg versetzte. Die Methode der Compagnie *Fives-Lilles* aber verwandte bewegliche Einzelgerüste und versetzte damit Eisenmassen bis zu einem Gewicht von 48000 kg. Bei dieser Zerlegung des ganzen Systemes in nur große Massen galt es, die Fußteile um einen stählernen Hilfsdrehzapfen von 0,12 m Durchmesser aufwärts zu drehen.

Kupfer und Blech füllten diese Eisenhalle. Tausende von Rädern drehten sich in ihr, haushoch, aber auch klein wie Fingerringe. Ein Surren und Sausen, ein Wirbeln und Rollen, ein Dröhnen und Stampfen — aber auch das lautlose Vor- und Zurückgleiten riesenhafter Excenter und die ganz stille, rasend schnelle Drehung von tausend Kurbeln aller Größen. Überall Bewegung! Die Welt des Eisens, getrieben und befruchtet von der Kraft des elektrischen Stromes, geleitet vom Geist des 19. Jahrhunderts.

Für solche Welt konnte kein geeigneterer Palast geschaffen werden als dieser ungeheuer breite, helle Raum mit der trotzigen Sachlichkeit und Regelmäßigkeit seiner Eisenglieder, gewaltig und überwältigend. Wer ihn auf einer der beiden Weltausstellungen betrat, den packte staunende Ehrfurcht auch vor dieser ganz prunklosen und im Geist der Gegenwart doch »prangenden Halle«.

III.

NEUE HÖHE.

DER EIFFELTURM.

Ein Turm, »deß' Spitze bis an den Himmel reicht« — das ist der Bibel das erste Denkmal frevelhafter Selbstüberschätzung. Von Gottes Strafgericht wird es getroffen, doch trotz Zerstreuung und Sprachverwirrung »ließen die Menschen nicht davon ab«, die Höhen ihrer Bauten zu steigern. Der altorientalischen Welt blieb es ein Ausdruck irdischer und überirdischer Macht; das christliche Mittelalter sah darin die Sehnsucht nach dem Überirdischen. Die Türme der gotischen Kathedralen verkörpern die ewige, »mannhaft gestellte Frage an den Himmel«.

Was Ruskin mit diesem Ausspruch im biblischen Prophetenton andeutet, hat wenige Jahrzehnte später die nüchterne Sachlichkeit eines Bauingenieurs in statischen Formeln und Zahlenreihen gesucht. *Er* dachte dabei nicht an den Himmel; einen Turm wollte er errichten, doppelt so hoch wie die höchsten Kirchtürme, aber ohne alle Kirchlichkeit und Frömmigkeit, ohne anderen Zweck, als den, dem Sieg des Menschen über die Materie das höchste Denkmal zu setzen, das den eigenen Ruhm und den seines Volkes verkünde: dem Gedanken nach nur ein im Maßstab einer Weltausstellung gehaltenes eisernes Ausrufungszeichen.

Und auch diese Absicht bedrohte ein Bannstrahl, auch in ihr sah man eine Sünde, aber nicht mehr gegen Gott, sondern — gegen die Kunst.

»Wir Schriftsteller, Maler, Bildhauer, Architekten« — so lautete eine im Februar 1887 an den Direktor der öffentlichen Arbeiten in Paris, J. Alphaud, von sehr angesehenen Männern gerichtete Eingabe[1] — »wir, die wir die bisher makellose Schönheit unserer Stadt Paris bewundern und lieben, wir legen im Namen des französischen Geschmackes, im Geist unserer nationalen Kunst und Geschichte nachdrücklich und empört Verwahrung ein gegen die Errichtung dieses unnützen, monströsen Eiffelturmes!«

Aber er ward *doch* gebaut, und seit fünfzehn Jahren konnten Millionen von Menschen an seiner eisernen Wirklichkeit die Sätze nachprüfen, mit denen sein Schöpfer jene Angriffe schon vor seiner Errichtung zu entkräften suchte: »Ich glaube fest, daß mein Turm seine eigenartige Schönheit haben wird. Stimmen die richtigen Bedingungen der Stabilität nicht jederzeit mit denen der Harmonie überein? Die

[1] Vergl. Eiffels Text zu seiner Hauptveröffentlichung: »La tour de 300 mètres.« Paris, und: «Travaux Scientifiques exécutés à la Tour de trois cents mètres de 1889 à 1900., Paris 1900,« S. 10 ff., wo auch die oben folgende Verteidigung Eiffels, sowie andere Streitschriften für und wider den Turm.

Grundlage aller Baukunst ist, daß die Hauptlinien des Baues vollkommen seiner Bestimmung entsprechen. Welches aber ist die Grundbedingung bei meinem Turm? Seine Widerstandsfähigkeit gegen den Wind! Und da behaupte ich, daß die Kurven der vier Turmpfeiler, so wie sie der statischen Berechnung gemäß von der gewaltigen Massigkeit ihrer Basen an in immer luftigere Gebilde zerlegt zur Spitze emporsteigen, einen mächtigen Eindruck von Kraft und Schönheit machen werden. Birgt doch auch die Kolossalität, die absolute Größe an sich, einen eigenen Reiz!«

Man muß diese Worte Eiffels vollständig der Nachwelt überliefern, denn sie sprechen vielleicht zum ersten Male und jedenfalls bei denkwürdigstem Anlaß das Wesen der modernen Eisenkonstruktionen aus, soweit es eine künstlerische Wirkung bedingen kann.

Die allgemeine »Wirkung« des Eiffelturms hat sich seitdem in bezeichnender Weise verändert. Noch 1889 waren die Stimmen über seine Bedeutung geteilt — bei der Weltausstellung 1900 erkannte jeder, daß dieser Turm an der Grenzscheide zweier Welten steht, nicht mehr nur ein reklamehaftes Ausrufungszeichen, sondern ein Wahrzeichen in der Geschichte der Menschheit.

Wie aber verhält sich dazu das künstlerische Empfinden? Welche stilbildenden oder stilhemmenden Kräfte zeigt der Eiffelturm im Zusammenhang der Stilgeschichte?

* * *

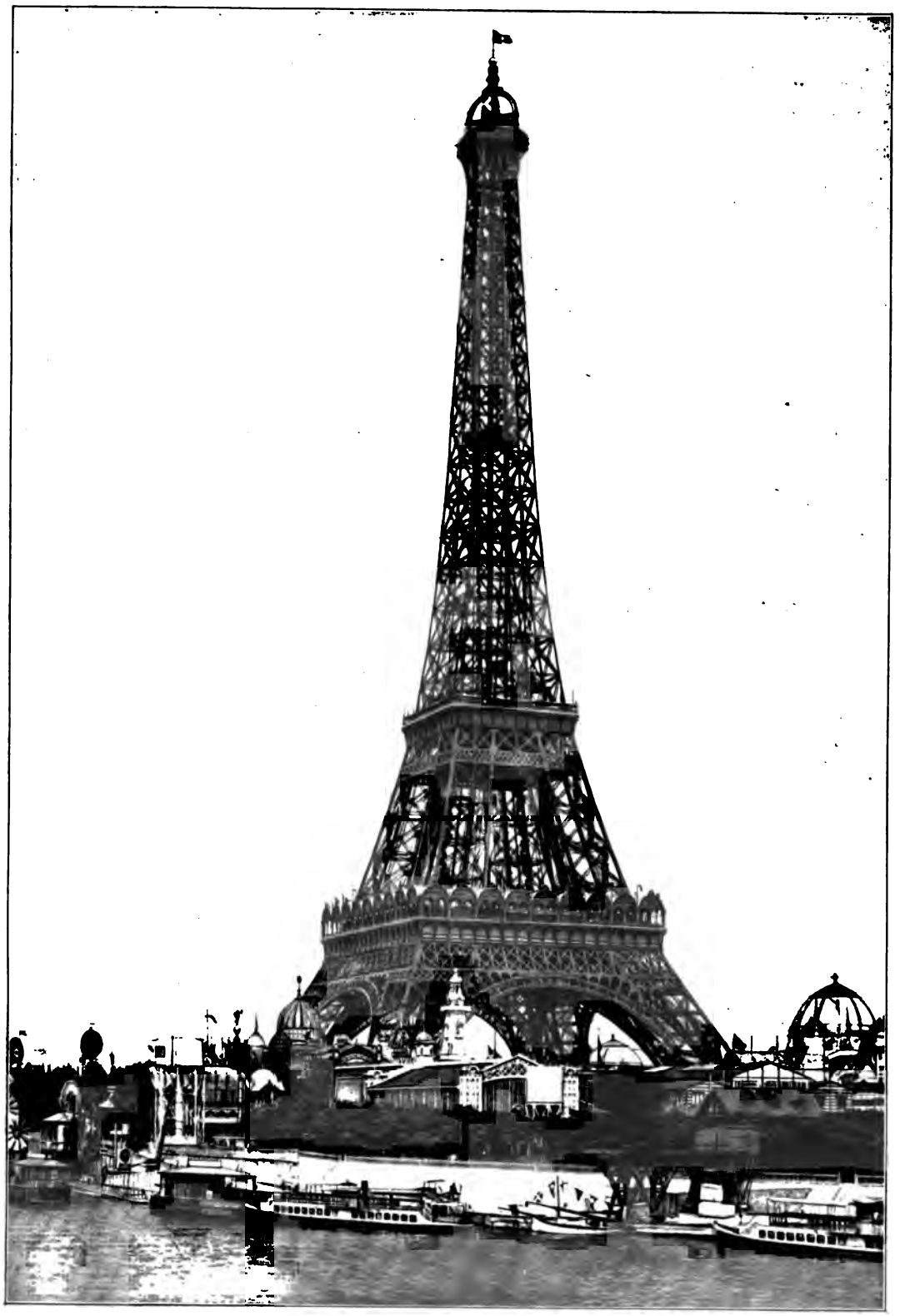
Am Horizont steigt aus breitem Dunstkreis eine Riesennadel auf. Sie gewinnt Körperlichkeit ohne an Schlankheit zu verlieren. Nun gleicht sie einem Riesenobelisken. Aber allmählich zerlegt sich dieser in ein vielgliederiges Gerüst, durch dessen luftiges Gitterwerk das Sonnenlicht hindurchblickt. Vor dem Purpur des Morgen- und Abendhimmels wird dieses Gerüst so dünn und fein wie Filigran. Seine glockenförmige Spitze zerfließt im Äther. (Tafel V.)

Von allen Teilen der Riesenstadt sieht man sie. Sie wacht über Paris. In der Nacht wird das elektrische Licht in ihr zu einer am Himmel schwebenden Leuchtkugel. Und wenn bei festlicher Gelegenheit — wie zur Zeit der Weltausstellungen — die an den Hauptlinien emporkletternden Lichter in ruhigem Glanz unter dem Scheinwerfer der Spitze strahlten, mochte man das Ganze als Fernbild in der Tat für eine ephemere Erscheinung halten — gleichsam für ein stabil gewordenes Gebilde eines Feuerwerkes.

Aber nun schreitet man näher heran. Die Hauptlinien gewinnen an Stofflichkeit: ein sich verjüngender, dreistöckiger Eisenturm auf vier schrägen, gewaltig ausgreifenden, rundbogig verbundenen Füßen. Und je kleiner der Sehwinkel wird, umso stärker wird der Blick aufwärts gezogen, denn die Außenkonturen bleiben auch jetzt ununterbrochen: als Fortsetzung der Schrägen vier straff zusammengehaltene, zentral zu einem Punkt in der Höhe aufschießende Riesenkurven, die reinste Verkörperung des einen Gedankens: »Empor«!

Allein zu seiner Verwirklichung — welch ungeheurer Aufwand!

Man steht unter dem Bau, zwischen den vier Pfeilern. Jeder von ihnen ist ein Riesenorganismus aus Eisen, von Tausenden horizontaler und diagonaler Stege durchzogen.



Der Eiffelturm in Paris

Hier ist alles geradlinig und hartwinklig. Aber zwischen diese vier schrägen Hauptpfeiler, die gleichsam als Ecken einer hohlen Pyramide erscheinen, sind mächtige Rundbögen eingespannt.

Ihren ästhetischen Nutzen kann man nicht hoch genug schätzen. Sie bringen für das Auge nicht nur den erwünschten Gegensatz zur Geradlinigkeit, sondern auch die Vermittlung zwischen der alten und der neuen Statik, sie wirken für den Blick als tragfähigste Verbindung von Punkt zu Punkt, als Überleitung von Kraft zu Kraft.

Allein das letztere gilt hier lediglich in ästhetischem Sinn, nicht im statischen. Schon jetzt sei nachdrücklich betont, daß diese Bögen rein dekorativ sind.

Der wagrechte Abschluß über dem Sockelgeschoß ist innen offen: man blickt durch ihn in das Gerippe des Oberteiles hindurch.

Oberhalb der ersten, von den Arkaden einer Gebäudereihe eingefaßten Plattform beginnen die vier Eckpfeiler ihren Kurvenweg. Bis zur zweiten Plattform bleiben sie, wie unten, vier von einander getrennte kastenförmige Hohlkörper und bilden zusammen mit den Eisenbalken ein nach oben verjüngtes Tor. Erst jenseits des zweiten Haltepunktes kommt der Hochdrang zur Alleinherrschaft — nun aber in immer rascherem Tempo. Die vier Hohlpfeiler gleiten eng aneinander, sie opfern ihre nach innen liegenden Kanten, sie vereinen sich zu einem einzigen Hohlkörper, der pfeilgeschwind emporwächst, höher und höher. Die letzte Plattform gleicht einem Mastkorb.

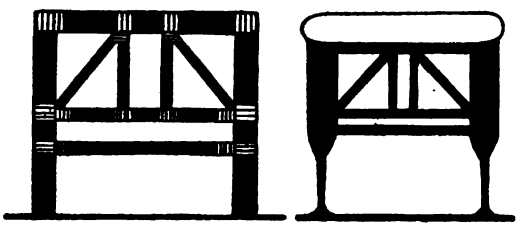


Abb. 19. Schemel. (Nach Semper, Der Stil.)

Das ist eine knappe, möglichst treue Beschreibung des »Phänomens«, das der Eiffelturm den Blicken bietet. Sie enthält auch bereits den Hinweis auf seine stilistische Eigenart, vor allem auf die entscheidende Macht der *Linie*. Diese herrscht in jeder Eisenkonstruktion, aber es ist klar, daß dies selbst bei den größten Raumüberdeckungen niemals mit solcher Stärke und Ausschließlichkeit zur Geltung kommen kann wie beim hochragenden Turm, dessen Folie nur Himmel und Wolkenzüge sind. Das Gitterwerk »umschließt« hier nicht, sondern es schießt, sich türmend, aufwärts. So ward der Eiffelturm zum volkstümlichsten Beispiel für die Eisentektonik, für den Gefach- und Gerüststil.

Als solcher steht er unter den von Semper klassifizierten »wichtigsten Zwecken der Tektonik«[1] am Ende der »Gestelle«, bei denen »das Stützwerk mit dem Rahmenwerk zu einem in sich Vollständigen zusammenwirkt«, und als seine tektonische Urzelle können die schrägen, verstrebten Holzständer gelten, die in der altägyptischen Tischlerei schon etwa dreitausend Jahre vor Christi Geburt zu Dutzenden fabriziert wurden. (Abb. 19). Noch unmittelbarer gilt dies von einem der ältesten und berühmtesten Eisenwerke der Kleinkunst: von jenem im Altertum sprichwörtlich bekannten Untersatz zu einem Mischgefäß (Krater), den Glaukos von Chios im 7. Jahrhundert ausgeführt und Alyattes nach Delphi gestiftet hatte; Pausanias[2] beschreibt

[1] «Stil« II, S. 199, § 130.

[2] X, 16, 1. Vergl. Overbeck, Antik. Schriftquellen. Leipzig 1868, Nr. 269.

dieses Gestell als einen abgestumpften Turm auf breiter Basis, dessen Seiten aus Querstäben gebildet sind, so daß sie Sprossenleitern gleichen.

Architektonischen Maßstab erhielt dieses tektonische Prinzip zuerst bei den hölzernen Hilfskonstruktionen der Steinbauten: bei den Baugerüsten. In der Tat bleibt das Gesamtbild des Eiffelturmes der Einrüstung etwa eines Kirchturmes verwandt. Mehr allerdings einem jener hölzernen Stütztürme, die beim Brückenbau, insbesondere bei Viadukten und Talsperren, die hochschwebende Fahrbahn tragen. Seit einem Menschenalter verwendete man dabei das Eisen, und in der Tat hat Eiffel selbst dieses bei seinem Turm benutzte Konstruktionssystem zuerst an der über den Douro führenden Brücke in Porto und dann an seinem grandiosen Viadukt von Garabit in Cantal erprobt — dort an Eisenpfeilern von 61 m, hier schon von 122 m Höhe. Allein in diesen Brückenkonstruktionen tragen diese Türme eine Last, sie sind Stützen. Auch ästhetisch bleiben sie nur die unselbständigen Teile einer Raumdurchquerung. Selbständigkeit fand diese Stabkonstruktion zuvor nur etwa bei Wacht- und Leuchttürmen, künstlerische Durchbildung allein bei den Aussichtstürmen. Dabei herrschte der Holzbau — die eisernen Leuchttürme haben meist einen Blechmantel oder sind aus Gußeisenplatten zusammengesetzt, außen jedenfalls am häufigsten röhrenförmig — und das Gesamtgebilde bleibt dort innerhalb einer verhältnismäßig geringen Höhengrenze.

Am Eiffelturm schnellt diese um das Doppelte über alle bisherigen Bauten der Erde empor. (Abb. 20.)

Das hat den Reiz des Unerhörten. Es hat auch etwas Geheimnisvolles. Von so hohem Punkt auf eine Ebene herabzublicken, ohne daß sich zu Füßen ein Berg ausbreitet — das vermochte man zuvor nur von einem Luftballon aus. Die materielle und geistige »Leistung« ist gewaltig. Aber mit ästhetischem Wohlgefallen haben diese Urteile nichts zu tun. Wenn ein Raum doppelt so weit wird als alle anderen, so empfinden wir dies als eine ganz außergewöhnliche Bewegungsfreiheit und umfassen ihn mit dem Blick als ein Gesamtgebilde, dessen Grenzflächen und Beleuchtung einen mehr oder minder künstlerischen Raumwert schaffen. Ein offener, gerüstartiger Turm dagegen zieht wohl den Blick aufwärts, und seine Höhe kann im Vergleich mit der Menschengröße ungeheuer erscheinen, aber die Wege, die uns selbst zu seiner Spitze hinaufführen, bieten gerade das Gegenteil von Bewegungsfreiheit, und von einem »Raumwert« läßt sich hier ebensowenig sprechen wie bei einer Brücke.

Das ästhetisch Entscheidende liegt hier auf einem ganz anderen Gebiet.

Wie wurden die höchsten »Höhen« zuvor im Steinbau erreicht? — Es ist nicht ganz zufällig, daß die drei Bauwerke, die darauf am bündigsten Antwort geben, zugleich auch konstruktiv die drei typischen Beispiele der wichtigsten Lösungsmöglichkeiten sind; die Cheopspyramide, der Ulmer Münsterturm und der Washington-Obelisk.

Die Pyramide gelangte zu ihrer Höhe durch stetige Verjüngung allein, der gotische Kirchturm durch Verjüngung, Abstufung und Durchbrechung der Masse. Hier wie dort handelt es sich um Verringerung des Umfanges. So auch bei der dritten Form dieses Höhenbaues, beim Obelisken; aber dort besteht die Entmaterialisierung nicht in einer Zuspitzung oder Abstufung von einer breiten Standfläche aus, sondern in

der Einschränkung des ganzen Querschnittes auf ein Mindestmaß.

Der Washington-Obelisk ist innen hohl, ein Elevator führt zu seiner Spitze, seine Form jedoch ist die des monolithen Pfeilers.

Der Pfeiler- oder Säulentypus mit geringer Verjüngung herrscht auch in den Steintürmen der nächsten, schon weitaus niedrigeren Höhengrenze, deren Rohform die Leuchttürme und Schornsteine, deren Kunstform die Minarete der Moscheen darstellen. Die notwendige Volumenabnahme der Wandungen nach oben hin kann sich dort — wie meist bei den Schornsteinen — im Inneren vollziehen, so daß das Äußere ein nur wenig verjüngter Pfeiler oder Zylinder bleibt, oder aber sie kann wiederum auch als Abstufung des Äußeren in die Erscheinung treten, nun aber in weit geringeren Unterschieden von der Fußausdehnung, das heißt in einem weitaus größeren Höhenunterschied der Stufen.

Überall handelt es sich dabei um Hohlkörper mit fast vollen Umfassungswänden, also um Gebilde, die dem Winddruck eine ganz oder so gut wie ganz geschlossene pfeiler- oder säulenförmige Masse entgegensetzen und der Ge-

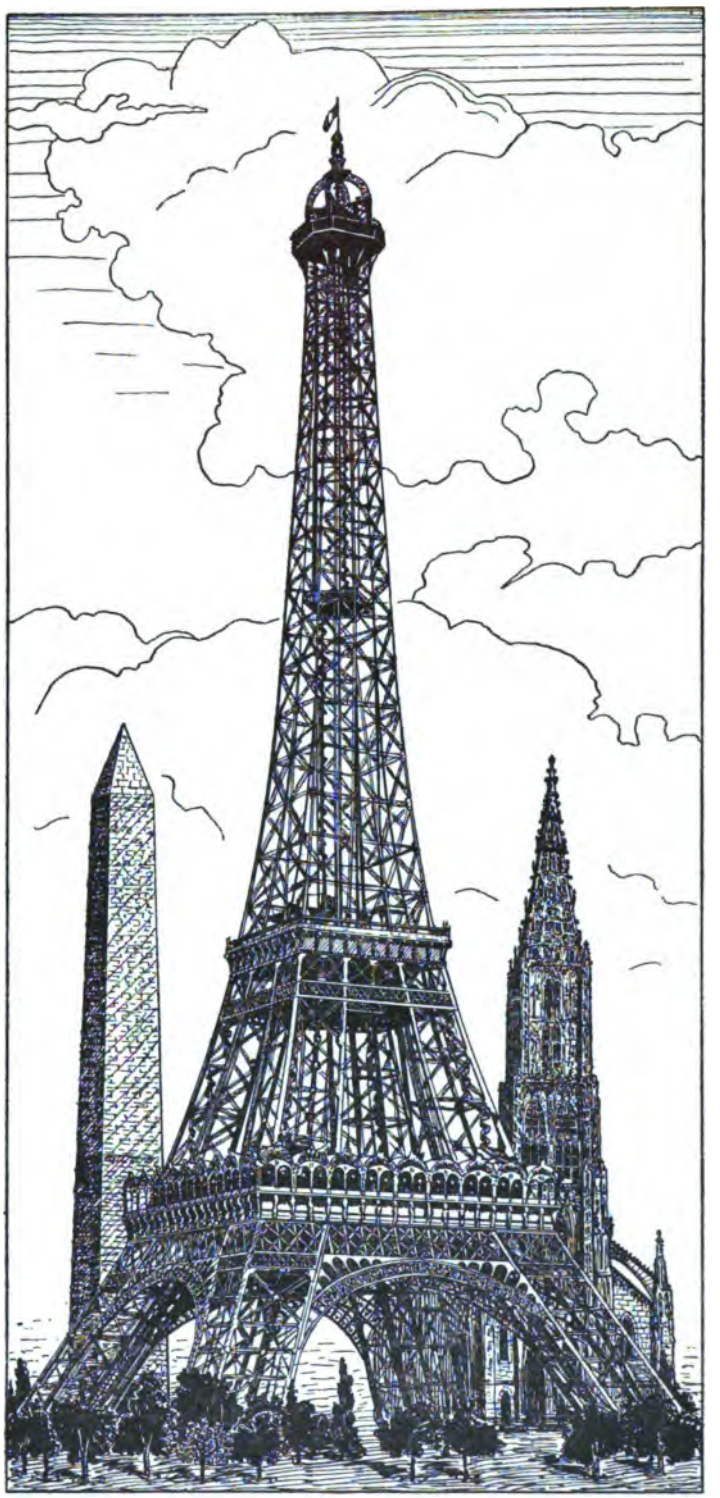


Abb. 20. Washington-Obelisk in Washington, 169 m. Münster in Ulm, 161 m. Eiffelturm in Paris, 300 m.

fahr des »Umkantens« durch einen möglichst standfesten Unterbau begegnen. Die theoretisch beste Form desselben ist die des umgekehrten Kelches, wie sie wenigstens für den inneren »Anlauf« der Schornsteine in der Tat üblich ist[1].

Ganz anders als die bei diesen Gebilden maßgebende Stereotomie verfährt bei solchen Aufgaben die Tektonik. Die Entmaterialisierung liegt in ihrem Wesen selbst, denn »Tektonik« ist ja das Zusammenfügen »starrer, stabförmiger Teile« zu einem Gerüst. Wenn es offen bleibt, schränkt es die dem Winddruck ausgesetzte Angriffsfläche auf dieses Gerüst auf das verstrebte Rahmenwerk ein, aber dieses ist nun unvergleichlich leichter als die volle oder selbst als die durchbrochene Steinmasse, und die Macht des Winddruckes wird umso gefährlicher, je höher dieses Gerüst empordringt. Daher bezeichnet Eiffel die Widerstandsfähigkeit gegen den Wind als die Grundbedingung seines ganzen Werkes. Es gilt, »dem Angriff der Stürme jeden nicht unbedingt notwendigen Flächenwiderstand zu entziehen«. Andererseits verlangt das Eigengewicht einer so hohen Konstruktion, daß sie sich stark verjüngt.

Aus dieser Doppelforderung ergab sich in Verbindung mit den Gesamtdimensionen und der Natur des Materiales der Umriß der vier Eckpfeiler. Sie zunächst von einander zu trennen, anstatt schon den Turmfuß etwa aus den vier diagonal verstrebten Kanten des gesamten Turmkörpers zu bilden, wurde schon deshalb notwendig, weil die Diagonalverstrebungen eine Länge von über 100 m erfordert hätten. Eiffel unterdrückte solche von Hauptkante zu Hauptkante reichenden Streben daher von vornherein ganz, behandelte jede Hauptkante als solche eines selbständigen Eckpfeilers und löste diesen ganz in Gitterwerk auf. Schon hierdurch vermied er ferner für die Gesamtform des Turmes die einer zur Turmhöhe emporgezogenen Pyramide, wie sie sich einer Holzkonstruktion allerdings als unmittelbarste Grundform dargeboten hätte. Daß bereits dies auch ästhetisch ein großer Vorteil war, zeigte kurz darauf das von dem Toulouser Architekten Lapierre 1888 für die Ausstellung in Barcelona ausgearbeitete Projekt eines solchen hölzernen Pyramidengerüstes von 200 m Höhe: es glich einem riesigen Holzkäfig. Eiffel vermied aber auch die ästhetisch selbst beim Holzturm günstigere Form der Abstufung, wie sie 1888 für den Brüsseler Turm von Hennebique und Nève zu einer dem Eiffelturm entsprechenden Höhe vorgeschlagen ward. Der Erbauer des Viaduktes von Garabit hielt sich auch bei seinem Turm ganz streng an die theoretische Forderung der Statik, wie sie sich aus der Rechnung ergab.

Sie verlangt für das ungeheure Eigengewicht und als bodenwüchsigen Halt des Ganzen zunächst einen breiten Fuß. Im Hinblick auf die Verjüngung war hier die Form der abgestumpften Pyramide die beste. Ihr Grundquadrat hat von Pfeilerachse zu Pfeilerachse 103,907 m[2], außen 124,906 m Seitenlänge. Die Kanten steigen als mäßige Schrägen auf; von den Gitterträgern, die sie oben verbinden, funktioniert konstruktiv nur der obere, der in einer Höhe von 57,63 m die erste Plattform (42009 qm) mit dem Restaurant trägt; der untere dient im wesentlichen nur der Dekoration.

[1] Vergl. Gustav Lang, Der Schornsteinbau. Hannover 1896.

[2] Diese und die folgenden Maße sind den Angaben Eiffels in den »Travaux scientifiques« a. a O. S. 21 ff., sowie den dortigen geometrischen Zeichnungen des Turmes (Fig. 1.) entnommen. — Die Höhenmaße sind stets erst vom Boden an gerechnet, nicht vom Baugrund aus, der 33,50 m hinabreicht. Bei den sachlichen Angaben ist ferner besonders auch die Beschreibung in der »Revue Technique de l'Exposition Universelle de 1889«, Texte I: Architecture, S. 114 ff. benutzt.

In seinem ersten Projekt hatte Eiffel den zwischen die schrägen Pfeiler gespannten Rundbogen in voller Breite bis zum Boden herabgeführt, auf Veranlassung des 1886 zur Prüfung des ganzen Entwurfes eingesetzten Ausschusses jedoch wurde dies aus konstruktiven Gründen im Sinne der heutigen Anordnung abgeändert. Dadurch büßte das gewaltige Rundbogentor unten die Breite und Vollständigkeit seiner Bogenumrahmungen ein, allein die Verselbständigung der Eckpfeiler bietet auch ästhetischen Vorteil. Bis zur ersten Plattform haben die Pfeiler gleichmäßige Stärke (15 m), um sich aber schon in der Höhe der zweiten Etage auf 10,41 m zu verengen. So gleiten sie in die oben folgenden Hauptlinien des eigentlichen Turmes über und das Vertrauen zu ihrer konstruktiven Kraft wächst. In ruhiger Sicherheit tragen sie die Plattform. Der Scheitel der Bögen, deren Durchmesser 74 m beträgt, befindet sich bereits 39,40 m über dem Boden, das Nationaldenkmal auf dem Niederwald (39,7 m) würde ihn also knapp berühren!

Man hat jetzt auch vor dem Turme selbst das der Tatsache entsprechende Gefühl, oberhalb der ersten Plattform beginne eine neue Rechnung: Die Hauptrechnung mit den Kräften des Windes. Zwei prinzipielle Grenzen seines Angriffs hat Eiffel bei dieser Berechnung vorausgesetzt und dadurch für den Verlauf zwei konkave Kurven erhalten. Zwischen diesen theoretischen Grenzlinien zog er die Mittelkurve und machte sie zur Leitlinie der Turmkanten.

Das ist also das Ergebnis einer graphischen Konstruktion und einer Berechnung. Allein auch das Auge teilt dies Ergebnis. Die Macht der Stürme scheint nicht gebrochen, aber zerteilt, nach klugem Plan: die Eisenlinien entgleiten ihnen, der Wind findet an diesen harten Kanten keinen Halt.

Das ist an sich eine eigenartige, neue »Schönheit«: die Schönheit stählerner Schärfe, wie sie der Vorderteil eines Riesenschiffes bietet, das die Wellen spielend durchfurcht, oder — im kleinen — die Schneide einer gebogenen Klinge.

Und diese schneidige Kurve wird nur noch einmal horizontal durchquert, durch die zweite, 1570 qm umfassende Plattform, 58,10 m über der ersten, 115,73 m über dem Boden[1], dann steigt sie ohne Halt zur dritten Etage (276,13 m; 350 qm) empor, oben nur leicht kelchartig verbreitert, um, von dem Observatorium gekrönt, dessen letzte kleine Pattform 300,51 m über den Boden emporzuheben.

Das bedeutet im Vergleich mit dem ruckweisen Aufsteigen abgestufter Höhen ein stetig beschleunigtes Emporgleiten, im Vergleich mit der geradlinigen Verjüngung eines Pfeilers oder einer Röhre einen sinnfälligen Ausdruck der aufwärts gerichteten Kraft, in jedem Falle also ein neues Tempo tektonischer Lebendigkeit. Den glatten Zylinderflächen selbst der höchsten, stark verjüngten Rundtürme — und schon 1833 entwarf der englische Ingenieur Trevithich einen solchen aus Gußeisen für eine Höhe von 304,80 m[2] — folgt der Blick ohne rechtes Bewußtsein der Aufwärtsbewegung, sie gleichen nur dem auffliegenden Pfeil; an der rasch verjüngten Kurve des Eiffelturmes dagegen glaubt man zugleich auch die Sehnenkraft zu spüren, die ihn emporschnellt. Dieser Aufwärtsbewegung aber bietet dort der geradlinige, pyramidale Fuß durch seine erdwärts gerichtete Form ein zuverlässiges Gegengewicht, und für den

[1] Der in einer Höhe von 195,93 m innen eingefügte Querbalkenträger ist für das Gesamtbild, fast unsichtbar.

[2] Die Basis sollte 30, die Plattform 3,60 m Breite erhalten.

Gesamteindruck treten beide Richtungen doch wieder zusammen, zu einem einheitlichen Organismus: mit einer statischen Energie ohnegleichen setzt dieser Turm seine vier Beine breit auf den Boden auf, als wolle er sich an ihn ankrallen.

Noch weitaus vollkommener wäre die Gesamterscheinung des Turmes freilich, wenn das zweite Horizontalband — die Galerie der zweiten Etage — minder stark betont wäre. Dann käme die naturgemäße Gliederung in »Fuß und Schaft« klarer zu ihrem Recht. In diesem Punkt läßt sich der Erbauer zu sehr von dem wirtschaftlichen Interesse leiten, das einen zweiten Haltpunkt der Ascenseurs, noch tief unter dem schwindelerregenden Gipfel, empfahl. Ein lediglich statisch funktionierendes Horizontalband wäre ästhetisch unschädlich geblieben. Auch die Bekrönung des ganzen Turmes hätte sich unschwer künstlerischer gestalten lassen [1].

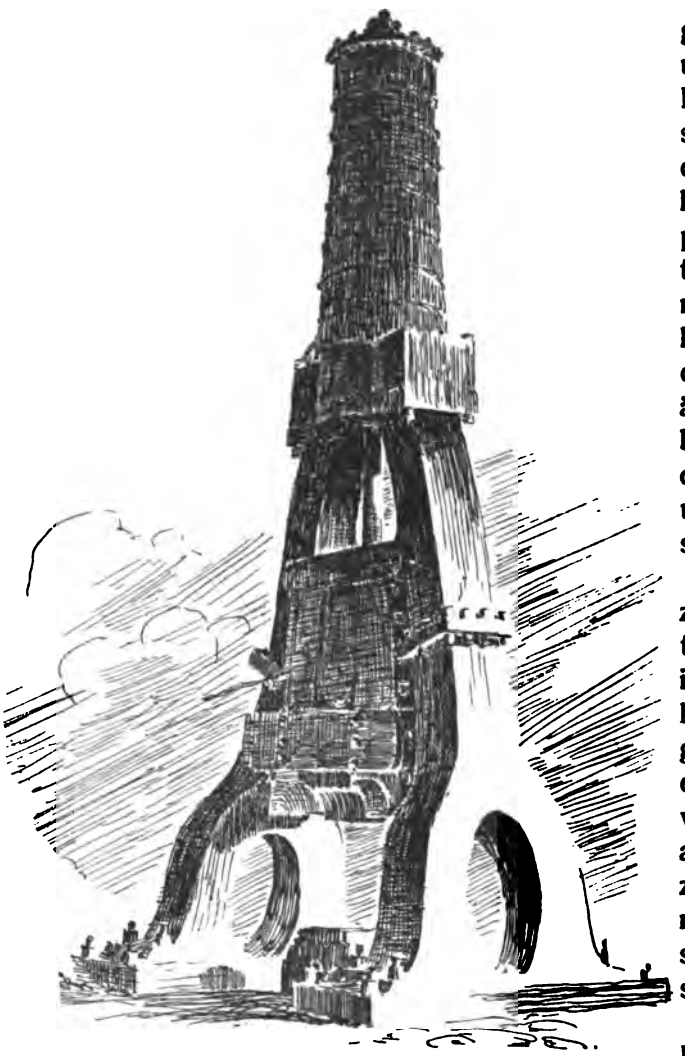


Abb. 21. Dampfhammer.

Allein diese stilistischen Einzelheiten werden für die ästhetische Wertung des Ganzen im Sinne unserer Fragen belanglos. Man darf nie vergessen, dass der Schöpfer eines so ganz unerhörten Bauwerkes, bei dem es darauf ankam, scheinbar Unmögliches zu verwirklichen, in der Tat nicht Künstler sein wollte, sein durfte, sondern nur Konstrukteur.

Tiefer allerdings dränge der Einwurf, die Gesamtform des Eiffelturms könne bereits als Typus niemals künstlerisch wirken, denn dieser Typus selbst sei nicht der eines Bauwerkes, sondern der eines jener Monstra, wie sie in den grossen Eisenwerken herrschen: eines Dampfhammers: »dieselbe Verteilung der Last auf vier Pfeiler« der Horizontalen, die eine ästhetisch

[1] Beides mit Recht gerügt in der bisher umsichtigsten ästhetischen Abschätzung des Eiffelturmes von *E. Champury*, La crise de l'architecture et l'avènement du fer. Zeitschr. »L'Art« XVIII, 1892 (Schluß).

»falsche« Gleichheit der verschiedenen Teile bewirkten; derselbe häßliche Widerspruch zwischen der Breite der unteren Teile und der Magerkeit der oberen, dieselbe unschöne Trapezform der Mitte[1]. Diese Behauptungen haben im ersten Augenblick etwas Bestechendes. Daß im gegebenen Fall die angezogenen Vergleichspunkte denn doch aber nur oberflächlichster Art sind, wird die beigegebene Zeichnung des Dampfhammers selbst beweisen. (Abb. 21.) Mit gleichem Recht könnte man etwa eine Schnellzugslokomotive das formale Gegenstück einer Strassenwalze nennen!

Bestehen bleibt, daß sowohl die Gesamtform des Eiffelturms wie einige ihrer Hauptteile nicht nur aus den architektonischen Großkonstruktionen der hohen Türme, sondern auch aus der Tektonik der »Gestelle« abzuleiten sind.

So käme man also zuletzt vielleicht doch wieder auf jene Ansicht Sempers zurück, der das »eigenste Wirken« des Stabmetalles im Kreis der Gestelle und Geräte beschlossen sieht, die stilistische Grenze wäre bereits in jenem Eisenständer des Glaukos von Chios gegeben und der Eiffelturm im Vergleich damit ein aus der Art geschlagenes Monstrum?

Semper schrieb 1860. Möglich, ja wahrscheinlich, daß er auch im Eiffelturm nur eine Bestätigung seines Prinzips gefunden hätte, »von einem eigenen monumentalen Stab- und Gußmetallstil könne nie die Rede sein«, denn das »Ideal« desselben sei »unsichtbare Architektur«.

Allein in diesem 300 m hohen Turm steht diesem Ideal nun das am weitesten *sichtbare* aller bisherigen Menschenwerke gegenüber! Das dünne Stabwerk hat mehr erreicht als alle Masse; seine zähe, elastische Kraft darf nach solcher Höhenprobe auch für die Form, in der sie diesen Erfolg errang, Anerkennung verlangen. Sie braucht sich weder den geschichtlichen Stilen noch auch dem Stilbegriff, die an anderen Materialien und anderen konstruktiven Leistungen erwuchsen, zu fügen: sie trägt ihr Formgesetz in sich selbst.

Und dieses ist auch hier nur die äußerste Schlußfolgerung der Entmaterialisierung, ein Zurückführen der Masse auf Flächen, der Flächen auf Linien. Nicht »Unsichtbarkeit« ist das Wesen dieses Eisenturmes, sondern Durchsichtigkeit. In der Fachsprache der französischen Ingenieure hat diese Gattung von Konstruktionen den Namen »canevas«, ein Wort, das von dem lateinischen »cannabis« stammt und aus »canna«, das Rohr, abzuleiten ist, in Deutschland aber für eine Gattung gitterartig gewebter Stoffe gilt. Spitzengewebe aus Eisen — das bleibt in der Tat das beste Bild für diese Art von Eisenbauten, auch im Sinne ihrer ästhetischen Wirkung, und am Eiffelturm spannt es sich zwischen die ausdruckvollsten Linien bodenwüchsiger Standfestigkeit und himmelwärts aufstrebender Kraft.

Dabei entstehen auch im einzelnen ganz neue Gebilde. Von dem Kurvenumriß des eigentlichen Turmes wurde schon gesprochen, an ihm haben dekorative Gesichtspunkte überhaupt keinen Anteil. Die Verstrebungen zwischen ihnen, die so fein und rhythmisch wirken, sind statisch notwendig. Anders am Unterbau, wo die Rundbogen nur aus ästhetischen Gründen eingespannt, die radial gerichteten Füllstäbe in den Zwickeln und die Vergitterungen der Verbindungsträger wenigstens teilweise ornamental aufzufassen sind. Dieses großzügige ornamentale Stabwerk, das

[1] Vergl. Champury a. a. O. S. 20, mit Abb.

sich dem konstruktiven Riesenorganismus des Ganzen vortrefflich einfügt, ist eine künstlerische Leistung. Neben Eiffel arbeitete dabei der Architekt *Sauvestre*, der auch die Restaurationsbauten entwarf. Aber das wesentlichste »Neue« auch in der Wirkung dieser Bögen ergab sich wiederum lediglich aus der Konstruktion: aus ihrer Verbindung mit den schrägen Eckpfeilern in schräger Ebene. Dadurch entstand das ganz ungewöhnliche Bild je eines nach innen geneigten Bogentores, bei dem die Bögen — zu vieren um das Grundquadrat geordnet — für den Blick als Verstrebung der Pfeiler und als Trageglieder der Gitterbalken wirken. So ist hier ein uraltes Motiv, das bei den Stein-, Holz- und Eisenbrücken, bei allen Arkaden und Bogentoren herrscht, aus der senkrechten in eine schräge, einer Last entgegenwirkende Lage übertragen.

Es ist sicherlich geboten, diese Dinge hier hervorzuheben. Gleichwohl darf man sie nicht überschätzen, am wenigsten ihre stilbildende Kraft. Der Eiffelturm ward für eine kurzlebige Weltausstellung gebaut; er dient auch wissenschaftlichen Beobachtungen mannigfacher Art und vermag vor allem als höchster Lichtspender zu fungieren. Aber diese »Zwecke« werden in absehbarer Zeit kaum dazu führen, ähnlich hohe Türme zu errichten[1]. Wer hier auf Glockentürme künftiger Kirchen weist, muß sich von den Schwingen seiner Phantasie schon in ein Märchenreich tragen lassen; vollends wer solche Türme als Glieder einer Brücken- oder gar einer Hallenkonstruktion erträumt. Die Pariser Maschinenhalle schuf 1889 in Eisen den größten freitragenden Bogen — ohne Pfeiler —, der Eiffelturm ist der höchste Pfeiler — ohne Bogen. Könnten beide einmal zusammentreten? Könnte der Eiffelturm etwa auch als Mittelpfeiler eines Viaduktes zwischen zwei Bögen stehen, die auf dem Turmfuß aufsetzen, und oben in der Höhe ihrer Scheitel und der Turmspitze auf riesigen Fachwerkträgern die Fahrbahn stützen? Wo und wann aber wird man solche Überbrückungen brauchen? Die Antwort muß der Zukunft bleiben, ihren Bedürfnissen und ihren — Ingenieuren. Die Künstler werden daran unbeteiligt sein. Ist doch auch am Eiffelturm selbst der Gerüststil gleichsam härter und daher unfruchtbarer als etwa an den Gitterträgern einer Halle.

Seine Linien zeigen neben den oben hervorgehobenen stilbildenden Hauptteilen in beträchtlichem Umfang auch noch stilhemmende Kräfte: große Raumstücke seiner Gesamtform sind von einem schlimmeren Linienlabyrinth durchzogen als irgend ein anderer Eisenbau mit alleiniger Ausnahme wohl der Forthbrücke. Die Verstrebungen, die Treppen, die Aufzüge mögen das innerhalb des von Eiffel gewählten Konstruktionssystems notwendig gemacht haben; jede dieser mannigfachen Stabstärken und Stablängen ist in dem ungeheuren Rechenexempel des Ganzen als bestimmte Größe enthalten. Wenn man dies bedenkt, steigert das chaotische Durcheinander, in dem sie dem Laienauge erscheinen, noch die Achtung vor dieser gewaltigen Rechenkunst. Auch der Anblick dieser Turmteile selbst ist unvergleichlich. Aber er könnte höchstens den Maler locken: auf den Architekten muß er geradezu als das ärgste Gegenbild seiner Kunst wirken, den diess schaltet mit rhythmischen Gliederungen und Proportionen. — Diesem Liniengemenge des Eiffelturmes gegenüber bleiben selbst die

[1] Besonders aus diesem Grunde glaubt Vierendeel (a. a. O. S. 236 f.) den Eiffelturm mit wenigen Zeilen abtun zu dürfen.

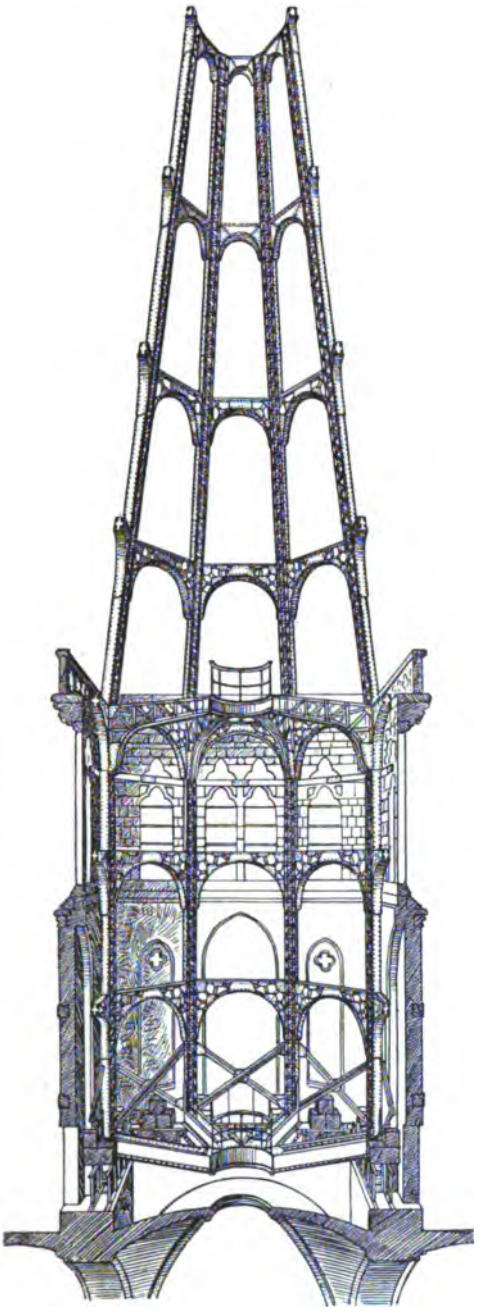


Abb. 22. Kirchturm in Dadizeele.

dichtesten Überschneidungen der Bogenbinder in den großen Hallenperspektiven noch übersichtlich.

Doch auch solche Mängel sind schon jetzt durch das auf »klare Konstruktionen« gerichtete Streben der jüngeren Schule überwindbar. Der *Aussichtsturm* von *New Brighton* bei *Liverpool*, der nur 50 m niedriger ist als der Eiffelturm, zeigt weit ruhigere, größere Linien[1].

* * *

Der Eiffelturm nimmt unter den Eisenbauten schon durch seine Aufgabe eine Sonderstellung ein. Im Vergleich mit den Brücken und Viadukten, den Bahnhofs- und Ausstellungshallen ist er zwecklos. Sein praktischer Nutzen ist nur die ergänzende Rechtfertigung eines Selbstzweckes: noch nie Dagewesenes zu schaffen.

Den gleichen Ehrgeiz hatte auch der Schöpfer des ältesten Höhenbaues der Erde, der Erbauer der Cheopspyramide, aber dort ward dieser Gedanke zu einem Denkmal, zu einem Symbol der Ewigkeit.

Das geschah durch die Vergrößerung einer stereometrischen Elementarform ins Ungeheure. In dieser Vergrößerung allein liegt auch die innere Größe des schöpferischen Gedankens selbst. Ein Gedanke von verblüffender Einfachheit! Seine Durchführung erforderte freilich noch viel Nachdenken. Daß das Ganze »stehen« würde, auch wenn »die Winde wehen und darauf stießen«, lehrte die Allmutter Erde in ihren Hügeln selbst, aber die Eindeckung der Innenräume, Gänge und Luftschächte, sowie der Steinschnitt für die Granitplatten der Außenflächen verlangten statische Erwägungen und geometrische Ermittelungen. Allein diese wurden bei der Cheopspyramide

[1] Ein anderes Prinzip hat Vierendeel bei seinem Vierungsturm der Kirche in Dadizeele durchgeführt, indem er die gekreuzten Stege zwischen den Hauptrippen durch Bögen ersetzt. (Abb. 22 u. 23.) Vergl. Vierendeel a. a. O. S. 244 ff., Pl. 93/94. Das ist nur die Übertragung eines alten Konstruktionssystems der Steinarchitektur, die seit altrömischer Zeit ihre Gewölberippen durch Bögen verstrebte.

sicherlich erst auf dem Bauplatz selbst vorgenommen: jenem gewaltigsten Werkplatz, den die Welt kennt, wo ein Arbeiterheer von hunderttausend Menschen je drei Monate lang zwanzig Jahre hindurch in täglichem Frondienst Steine aufeinander häufte. Neben dieser Riesenhaftigkeit der aufgewandten stofflichen Mittel verblaßt die Bedeutung des schöpferischen Grundgedankens. Die Pyramide ist das großartigste Werk einfachster, organisierter Massenwirkung. Wie ihre vier Riesenflächen aufsteigen zu der einen Spitze, so sind hier Menschen und Steine auf unmittelbarstem, sicherstem Wege auf ein einziges Ziel hingelenkt. Darin besteht auch die geistige Gesamtleistung. Es ist die einer primitiven Kulturstufe, wo nur Muskelkräfte summiert werden — freilich zu Millionen, und nur Steine — freilich zu einem künstlichen Berg. Das Menschenhirn, das dies ersann, und die Menschenmasse, die es in seinen Dienst zwang, scheinen ihrem ganzen Wesen nach noch der Urzeit der Menschheit näher, und auch aus ihrer Schöpfung, aus diesem »stilisierten Erdhügel« spricht noch etwas von jener elementaren Urkraft, die am Anfang der Tage die Berge selbst aufwarf.

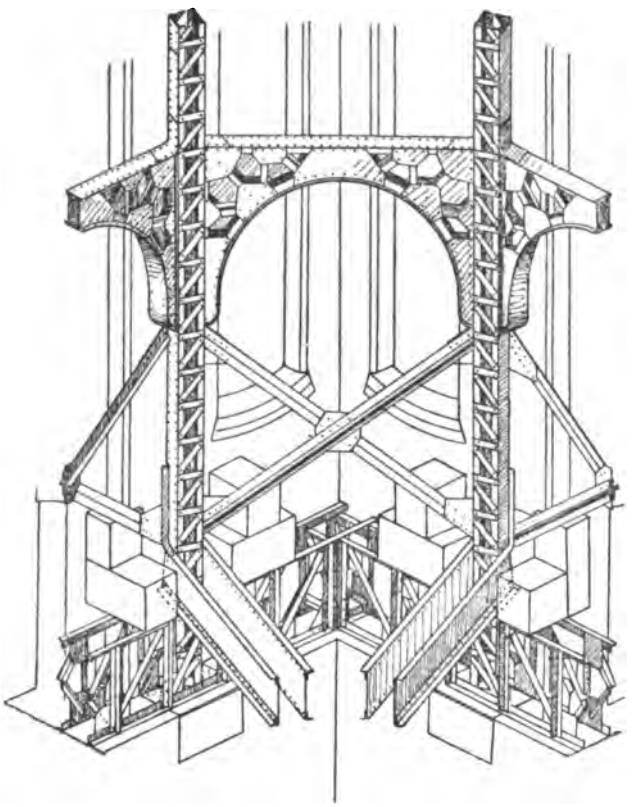


Abb. 23. Unterer Teil des Kirchturmes von Dadizeele.

Jahrtausende später schuf sich der ehrgeizige Gedanke des Höhenbaues eine neue Form: den gotischen Kirchturm. Wiederum ist es »organisierte Massenwirkung«, aber Wege und Ziele dieser Organisation sind unendlich verfeinert, sie sind nicht mehr so einfach und sicher wie die der rein quantitativen Anhäufung: sie sind differenzierte Qualität — sowohl der Menschenkräfte wie der Steine. Und nicht mehr um die Vergrößerung eines stereometrischen Grundbildes handelt es sich, sondern um Gliederung und Abstufung, um eine »Vermannigfaltigung« der Formen.

Dabei hatte die Statik schon eine ganz andere Bedeutung als bei den Pyramiden. Sie war nicht mehr in einer Elementarform selbst gegeben, sondern sie wurde in künstlich zusammengesetzten Formen gesucht, und das war nun schon der Hauptteil der organisatorischen Arbeit. Aber nicht die ganze Arbeit! Den gotischen Meistern genügte nicht mehr, wie denen der Pyramiden, daß ihr Bau »stand«.

Organisches, blühendes Leben sollte er verkörpern, »aufsteigen gleich einem hocherhabenen Baume Gottes«. Die Konstruktion war ihnen dabei nur ein Mittel. So wurden sie Baukünstler, so erhielt der Höhenbau in der Gotik seine vollendetste Kunstform.

Auf gleichem Wege, mit gleichem Mittel war Vollkommeneres nicht zu erreichen; die statische Wissenschaft und die Eisenkonstruktionen des 19. Jahrhunderts aber gaben dem Gesamtproblem des Hochbaues eine völlig neue Richtung. Aus der Aufgabe ward das Verstandesmäßige, das rein Begriffliche gleichsam herausdestilliert in Linien und Zahlen. Die Anzahl der bei der Berechnung des Eiffelturmes niedergeschriebenen Ziffern beträgt Hunderttausende; etwa 700 Konstruktions- etwa 3000 Werkzeichnungen wurden für ihn angefertigt. So schweigt hier die plastische Bildkraft zu gunsten einer ungeheuren Spannung geistiger Energie, welche die anorganische stoffliche Energie in die kleinsten, wirksamsten Formen bringt und diese miteinander in der wirksamsten Weise verbindet, einer geistigen Energie, die damit zugleich die organischen Muskelkräfte fast völlig ersetzt. Denn mit diesen künstlich zusammengepreßten »Kräften« schaltet der Schöpfer des Eiffelturmes organisatorisch, wie der Erbauer der Pyramide mit den Steinen und den Menschen. Jedes der 12000 Metallstücke ist auf Millimeter genau bestimmt, jeder der 2½ Millionen Niete. Alle diese scheinbar unzähligen und doch ganz genau gezählten Stücke wurden im Eisenhüttenwerk nach genauem Plan hergestellt und kontrolliert; dann wurden sie »fertig« auf das Marsfeld geschafft. Es galt »nur« noch, sie genau zu verbinden, jeden Niet und jede Schraube an ihre vorgesehene Stelle zu bringen. Auf diesem Werkplatz ertönte kein Meißelschlag, der dem Stein die Form entringt; selbst dort herrschte der Gedanke über die Muskelkraft, die er auf sichere Gerüste und Krane übertrug. So fügen etwa 200 Menschen in 21 Monaten Eisenstäbe in einem Totalgewicht von 8546816 kg zusammen, zu einer Höhe von 300 m!

Von der Blütezeit der Gotik trennen den Eiffelturm viele Jahrhunderte, von der Cheopspyramide Jahrtausende.

Das Menschenhirn, das ihn ersann, scheint völlig anders, aber in seiner Art ebenso einseitig organisiert, wie das der gotischen Dombaumeister und vollends wie das des Pyramidenerbauers. Es ist selbst zum wichtigsten Organ geworden, es meistert die Schwerkraft und es ersetzt die Muskelkraft, aber es bindet auch den künstlerischen Formenwillen. Mit diesem Eisenwerk verglichen, wird die Zeit der Pyramiden zum primitiven Zustand, die Zeit der gotischen Türme zum Höhepunkt einer Reife, wie sie nur im Ebenmaß geistiger, seelischer und künstlerischer Kräfte erreichbar ist. Zeitlich der Gotik näher, bleibt der Eiffelturm ihr in diesem Sinne jedoch ferner als selbst den Pyramiden, denn wie bei diesen entscheidet bei ihm die konstruktive Kernform mit solcher Macht, daß sie der Schmuckform noch kaum Möglichkeit zu selbstständiger Entfaltung gewährt, und er schafft diese Kernform in ihrer unübersehbaren, reichen Differenzierung mit derselben ruhigen, sicheren Sachlichkeit, mit der die Pyramide die ungegliederte Elementarform verkörpert. Hier wie dort wird diese »Sachlichkeit« zum »Stil«.

Wie aber kommt es, daß für unser Empfinden der Hauch der Ewigkeit, der die Pyramiden seit Jahrtausenden umrauscht, dem so viel höheren, reicheren Eiffelturm fehlt? Ist diese seelische Wirkung nur dem sinnlich Einfachen gegeben und schwindet

sie, je mehr dieses vor der verstandesmäßigen Organisation zurückweicht? Oder liegt der Grund nur in der noch unvollkommenen Entwicklung unserer Seelenkräfte selbst, die mit denen des Verstandes nicht gleichen Schritt hielten, und wird ein künftiges Geschlecht auch in dem höchsten Eisenbau des 19. Jahrhunderts nicht nur ein »Denk-Mal« sehen, sondern den Kern eines neuen Symbols der Ewigkeit, den es dann selbst mit künstlerischem Leben umrankt? Wird auch diesem neuen Anfang des Hochbaues einst eine künstlerische Blüte folgen, wie der Pyramide im Turm der gotischen Kathedrale?

IV.

NEUE LINIEN.

BRÜCKEN

»Mit den Augen dem Umriß der Erscheinungen nachfolgend, bringen wir die Linien in ein lebendiges Rinnen und Laufen.«
Wölfflin.

Gehören Brücken zur Baukunst? Man stelle die Gegenfrage: was sie von der Baukunst scheide? Die Brücke gestaltet den Raum nicht, sondern durchquert ihn — doch auch der Turm kann kaum als Raumformung gelten und ist trotzdem zweifellos eine architektonische Aufgabe. Die Brücke trägt als Ganzes und in allen Teilen den Nutzwert im Dienste des Verkehrs zur Schau. Das gilt aber auch von den Bahnhöfen, die gleichwohl zu den bedeutendsten Monumentalbauten zählen. Nirgends entscheidet die Abhängigkeit der eisernen Bauform von der Berechnung so unbedingt wie bei den Brücken; aber gerade dadurch werden diese die wichtigsten Marksteine des neuen Weges, den die Baukonstruktion heute einschlägt, und auf dem ihr die Baugeschichte folgen muß. Die vier »inneren Momente«, auf denen der künstlerische Wert der Form beruht: Regelmäßigkeit, Symmetrie, Proportion, Harmonie, können einer Brücke in gleichem Grade eignen, wie jedem anderen Bauwerk. Es gibt schlechterdings keine wesentliche Eigenschaft eines architektonischen Kunstwerkes, von der die Brücken als Baugattung ausgeschlossen wären.

Andrerseits giebt es kein Bauwerk, dessen ästhetischer Wertung eine psychologische Wirkung von so fördernder Stärke zur Seite tritt, wie der Brücke. Wo die Natur dem Fortschritt des Menschenweges aus Schluchten und Abgründen, aus Wasserstürzen, Strömen und Seen ein gebieterisches »Halt!« entgegenruft, das scheinbar unweigerlich zur Umkehr oder zum Umweg zwingt, bereitet die Brücke den kürzesten, über alle Hindernisse frei und sicher hinüberführenden Pfad. Und wie majestätisch ist gerade in diesem Sinn ihre Geschichte! Vom Baumstamm, den der Mensch der Urzeit über die Furt legte, bis zur Firth-of-Forthbrücke, die schwerste Eisenbahnzüge über eine Meerenge trägt, — ist das nicht eine mindestens ebenso gewaltige baugeschichtliche Entwicklung, wie von der Köhlerhütte zum gewölbten Riesensaal?

Freilich ward der Brückenbau selbst innerhalb der Tätigkeit des Bauingenieurs, dem er zuerst überhaupt diesen Standesnamen brachte (»ingenieurs des ponts« 1791), nach Schulung und Übung ein Sondergebiet. Vorzugsweise an den Eisenbrücken ist das heutige Bauingenieurwesen erstarkt, für sie und an ihnen in erster Reihe haben sich die statischen Theorien und die praktischen Maßnahmen des heutigen Eisenbaues entwickelt. Sie sind dessen größter Stolz, und deutlicher als bei seinen

anderen Aufgaben machen sich hier bereits auch die zeitlichen und nationalen Unterschiede geltend. In der Baugeschichte des 19. Jahrhunderts, die wir von der Zukunft erwarten, wird vielleicht das Hauptkapitel lauten: Die Geschichte der Eisenbrücke. —

Nur ein Fachmann, der forschend und schaffend inmitten seiner Genossen steht, wird es schreiben können. Der Kunsthistoriker heutiger Schulung fühlt sich gerade diesem Thema gegenüber besonders laienhaft und hilflos, vollends, wenn er nicht eine geschichtliche Übersicht über die vorhandenen Werke, sondern bereits die Einordnung ihrer stilistischen Charakterzüge in die Stilgeschichte versuchen will.

Sollte es aber nicht vielleicht fruchtbar werden können, gerade diesen Laienstandpunkt hier sogar mit geflissentlicher Einseitigkeit zu betonen? Wir beanspruchen das Recht, die Brücken lediglich ästhetisch zu beurteilen. Unser unmittelbares Empfinden tut dies bei jeder Gelegenheit. Es wird vom Anblick einer eisernen Brücke mit derselben zwingenden Kraft ästhetisch abgestoßen oder angezogen, wie von jeder anderen Baugattung. Das gilt sowohl von ihrer baulichen Erscheinung an sich, die bereits durch den Entwurf allein gegeben ist, als vollends von dem Verhältnis des fertigen Baues zu seiner örtlichen Umgebung. Herrliche Städtebilder werden durch Brücken unrettbar zerstört, dürftige durch sie gehoben. Und wo Brücken fern von anderen Bauten als vereinzelte Sendboten des Menschen in die Einsamkeit der Natur hinausgeschoben sind, wird ihre formale Unstimmigkeit oder Übereinstimmung mit der Landschaft doppelt fühlbar, denn dort spricht dabei nicht der Kunstsinn allein mit, sondern der Natursinn.

Auch die Bauingenieure selbst verkennen dies nicht mehr. Seit Jahrzehnten denken sie beim Entwurf nicht nur an die rationellste Konstruktion, sondern auch an die gefälligste. Bei den größeren Wettbewerben hat diese schon oft den Ausschlag gegeben. In diesem künstlerischen Zug gingen die deutschen Brücken voran. Und wiederum wirkte dabei die Vervollkommnung der statischen Theorien und Berechnungsmethoden in günstigster Weise ein. Sie befreite die Konstruktionen von der Vielteiligkeit, klärte das Gesamtbild, ergab schon ohne alle künstlerische Absicht oft Kurven von ungewöhnlichem Reiz und lehrte zugleich, auch die aus rein ästhetischen Gründen erwünschten Linien statisch zuverlässig einzuordnen. Zwischen den eisernen Bogenbrücken, die noch vor kaum einem Menschenalter als beste Lösungen galten, und denen der Gegenwart ist kein geringerer Unterschied als etwa zwischen dem romanischen und dem gotischen Gewölbesystem. Das gilt allein von dem Eisengerüst. Gerade beim Brückenbau hat aber auch die Steinarchitektur ihre ersten und zukunftsvollsten Schritte zu einer selbständigen Anpassung an die Eisenformen getan.

Die rein stilgeschichtliche Würdigung der Eisenbrücken wird füglich durch deren Entwicklung selbst befürwortet. Sie ist hier umso eher erlaubt, als sie sich dabei auf vorzügliche Darstellungen der wissenschaftlichen und technischen Grundlagen stützen kann, von denen eine — *Georg Mehrtens* Denkschrift »Der deutsche Brückenbau im 19. Jahrhundert« — auch dem Laien wohl verständlich und leicht zugänglich ist. Auch für die künstlerischen Gesichtspunkte fehlen die Vorarbeiten nicht ganz. Es ist bezeichnend, daß jene erste »Architektonische Formenlehre für Ingenieure« von *Baumeister* (1866) fast ausschließlich vom Brückenbau handelt, wobei jedoch den lediglich schmückenden Zutaten, dem rein Ornamentalen, ein großer Raum zu-

gewiesen bleibt. Davon ist hier vorerst überhaupt noch nicht zu sprechen. Ob eine Brücke Anrecht auf architektonischen Kunstwert hat oder nicht, hängt nicht von ihren Schmuckformen ab — selbst die besten können eine ästhetisch verfehlte Gesamtanlage nicht retten — sondern von ihrer Tektonik. In diesem Sinne ist die allgemeine Frage: »Können eiserne Brücken schön sein?« zum ersten Male von *Reuleaux* gestellt und in einem Essai erörtert worden. An einem Sonderfall, der Anwendung der »Freiträger«, hat Reuleaux auch der Behandlung des Themas, wie sie im Rahmen dieses Buches angebracht erscheint, eine Norm gegeben.

* * *

Aufgabe jeder Brücke ist die Überdeckung einer Tiefe. Dadurch gehört sie statisch zur Gattung der Deckenkonstruktionen, und bei ihren Tragewerken entscheiden zunächst die gleichen Bedingungen wie dort, vor allem die Terrain- und Maßverhältnisse und die Eigenlast. Zu diesen bei der Berechnung in jedem Einzelfall als unveränderlich anzusehenden Größen aber kommen als veränderliche nicht nur, wie stets, der Winddruck und die Materialveränderung hinzu, sondern die *wechselnde Belastung* durch den über die Brückenbahn geleiteten Verkehr, der als eine das Tragewerk mehr oder minder erschütternde Bewegung auftritt. Eine Sondergattung bilden dabei von Anbeginn die Eisenbahnbrücken.

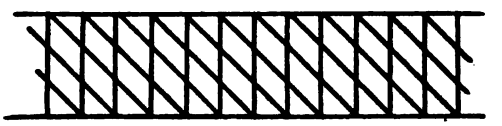


Abb. 24. Gitternetz.

Nach Einzelform und Zusammensetzung gehören die eisernen Tragewerke der Brücken zur Tektonik. In ihren Stabgebilden auf Druck und Zug beansprucht, lassen sich ihre Haupttypen auf *einzelne statische Hauptsysteme* zurückführen.

Wenn von Stützpunkt zu Stützpunkt reichende hölzerne Vollbalken, unten schräg verstrebt, als Hauptteile eines Fachwerkverbandes die Brückenbahn tragen, ist dies ein nur dem Zweck, nicht der Form nach neues Gebilde. Die Meisterstücke der Zimmermannskunst, die französichen Holzbrücken *Mansards* im 17., die deutschen *Grubenmanns* im 18. Jahrhundert, selbst die berühmten hölzernen Bogensprengewerke (»bowstrings«) Amerikas aus der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts zählen tektonisch und ästhetisch, vor allem als Linienverbindung, abgesehen von dem oben betonten Grundunterschied der Richtung, zur Familie der Dachkonstruktionen. Aber der Vollbalken, und selbst die zu einem einzigen Körper zusammengeschlossenen »verzahnten« Balken bleiben als Träger der Brückenbahn konstruktiv nur bei geringer Spannweite zweckmäßig. Größere statische Leistung übernimmt der *gegliederte Balkenträger.* Als Gitterträger mit horizontalen Gurtungen, die im »unverschieblichen Dreiecksverband« schräg, am häufigsten durch die Doppeldiagonalen des »Andreaskreuzes« verstrebt sind, zeigt er ebenfalls nur ein hergebrachtes Linienbild. Wie im Holz so auch im Eisen. Bei diesem wird für die hier maßgebenden Gesichtspunkte nur wichtig, daß bereits bei der Trägergliederung der Fortschritt der statischen Erkenntnis zu einem solchen des ästhetischen Wertes wurde. Geflissentlich suchte man bei den Gitterträgern der ersten eisernen Brücken den vollen Wandungen dadurch nah zu bleiben, daß man das Gitternetz möglichst dicht zog. (Abb. 24.) Das war konstruktiv ein falscher Weg, da diese mannigfachen Durch-

kreuzungen keine sichere Kräfteberechnung zuließen und dem Winddruck zuviel Fläche boten; es war aber auch für den Anblick ein ungünstiges, kleinliches Liniengewirr, das besonders im Fernbild der Landschaft eine harte Durchquerung bedeutete. Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts wuchs das Bestreben, die Gliederung auf einen möglichst einfachen Dreiecksverband einzuschränken, das heißt ästhetisch: auf möglichst wenige, große Linien, auf weitmaschige Gesamtgebilde, die auch in der Landschaft leicht und seltener störend wirken. (Abb. 25.)

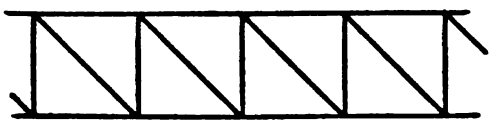


Abb. 25. Dreiecksverband.

Wesentlicher aber als die innere Gliederung durch die Zahl und Anordnung der *Füllstäbe* wird für die ästhetische Wirkung dieser Träger ihr *Umriß* an sich, im Verhältnis vom Ober- zum Untergurt und im Verhältnis zur Brückenbahn. Bei den horizontalen Parallelträgern, die zu zweien einander parallel laufen, kann die Bahn sowohl von den Untergurten wie von den Obergurten getragen werden. In jedem Fall wird ein Querverband (»Windverband«) nötig, am wirksamsten sowohl unten wie oben. Ist das letztere aus Verkehrsrücksichten nicht angängig, so wird der obere Querverband durch Eckaussteifung der Fahrbahn ersetzt. (Abb. 26 und 27.)

Wenn die Bahn auf dem Untergurt ruht, entsteht das neue Bild eines in der Schwebe von parallelen Gittern eingefaßten Bodens. Der obere Umriß braucht aber nicht horizontal zu sein. Die Hauptaufgabe, dem Seitenschub zu begegnen, führt vielmehr rationeller zu dem Prinzip des *Sprengewerkes*, bei dem der Seitenschub durch ein Zugband abgefangen wird, wie die nach außen strebende Schnellkraft des Bogens durch die Sehne. Der hölzerne Dachstuhl erreichte dies schon in primitiver Zeit durch den zwischen die beiden schrägen Streben »eingebundenen Streckbalken«. (Abb. 28.) Wenn der letztere die Brückenbahn trägt, so entsteht abermal das Bild der von zwei parallelen Gittern eingefaßten Bahn, wobei die Vorherrschaft der Längsrichtung eine Abstumpfung des Dreiecks zunächst durch eine dem Untergurt parallele Horizontale bewirkt. (Abb. 29.) Die Seitenzahl dieses oberen Polygones kann vermehrt werden, sodaß es sich der Kurve nähert oder zur Kurve wird. (Abb. 30.) Einen solchen Bogenumriß zeigt bei einem ungegliederten Trägerpaar bereits eine von *Verantius* gezeichnete Eisenbrücke des 16. Jahrhunderts. (Abb. 31.) So erhebt sich der Bogen, den man bei

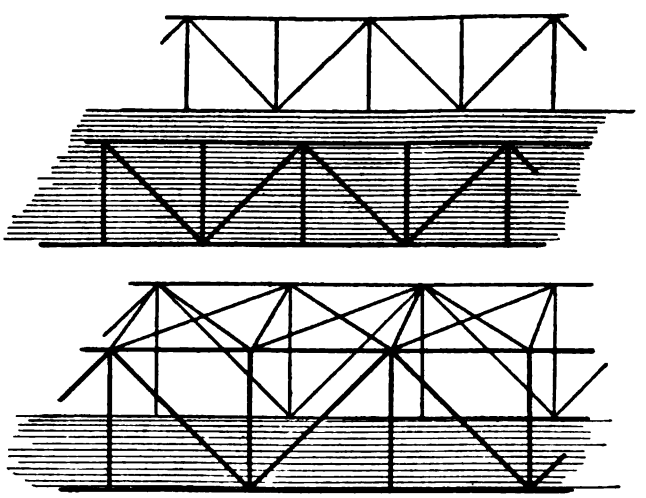


Abb. 26/27. Querverband.

der monumentalsten Form der Brücken, bei den steinernen Bogenbrücken, *unter* der Brückenbahn zu sehen gewohnt ist, nun *neben* dieser. In allen diesen Fällen aber ist die Linienrichtung des oberen Umrisses eine zur Mitte ansteigende, der Bogen im Verhältnis zur Fahrbahn *konvex*.

Seit seinen ältesten Leistungen hatte sich der Brückenbau jedoch auch an die entgegengesetzte Linienrichtung gewöhnt, und zwar auf Grund eines völlig anderen Prinzipes der statischen Kraftverteilung, das der gesamten raumgestaltenden Architektur überhaupt fehlt und als spezifische Eigenart des Brückenbaues zu bezeichnen ist: des Prinzipes der *Hängebrücke*.

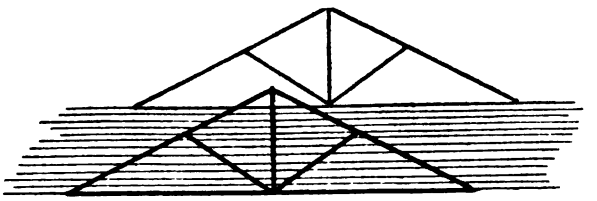


Abb. 28.

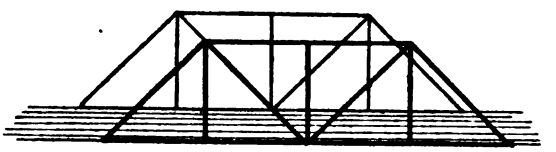


Abb. 29.

Als ein von Stützpunkt zu Stützpunkt möglichst gestreckt gespanntes Seil, oder als ein System mehrerer paralleler Seile — beziehungsweise Ketten — mit Querbrettern, sind auch die Hängebrücken gleichsam nur elastische Formen der einfachsten Balkenbrücke. Anders, wenn die Brückenbahn durch schräge Seile oder Ketten nach Art einer verdoppelten Zugbrücke von Endtürmen aus gehalten wird, wie es ebenfalls schon *Verantius* beschreibt und abbildet[1], sodann entsteht ein neues tektonisches Gebilde. Die Brückenbahn wird hier nicht mehr von unten her gestützt, wie bei der gewölbten Steinbrücke, sondern von oben her getragen. (Abb. 32.)

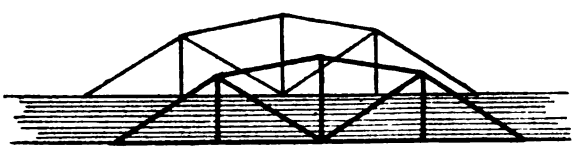


Abb. 30.

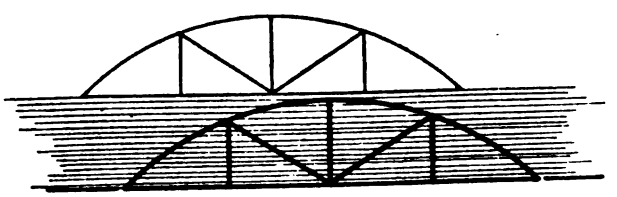


Abb. 31.

Das gleiche Linienbild, wie es hier unmittelbar durch den einfachen Gedanken der Kettenbrücke hervorgebracht wird, kann auch entstehen, wenn der *Berechnung* nicht das System der Kettenbrücke, sondern das des *Balkenträgers* zu Grunde liegt, diesem Balkenträger aber ein nur auf Druck beanspruchter horizontaler Untergurt und ein nur auf Zug beanspruchter Obergurt in der Kurve einer Kettenbrücke gegegeben ist. Der obere Gesamtumriß gleicht dann einer über der Bahn an Stützen aufgehängten Girlande,

[1] Beide Brückengattungen in unbestimmbarer Zeit schon längst zuvor in China üblich.

und in der Tat bezeichnet man dieses Brückensystem auch fachmännisch als »*Balken mit Girlande*«.

Das ästhetisch Entscheidende bleibt hier wie dort die *Senkung* der oberen Kurve. Das ist eine Gegenbewegung gegen die *aufsteigenden* Kurven, die für den Obergurt der Balkenträger insbesondere seit der Mitte des 19. Jahrhunderts üblich waren.

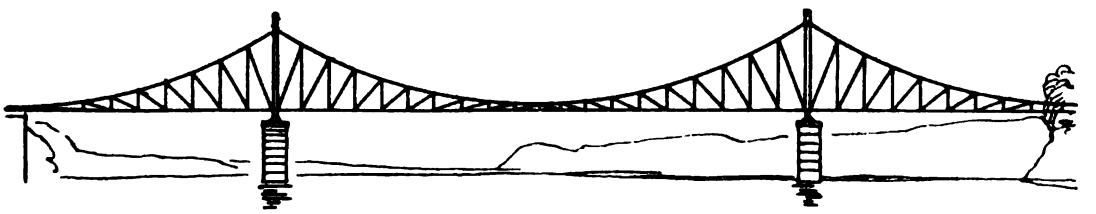


Abb. 32.

Auf Grund der günstigsten Verteilung der Spannungen zeichneten die großen Baustatiker und Baukonstrukteure der fünfziger und sechziger Jahre, an ihrer Spitze *Schwedler*, für diese Balkenträger Umrisse sehr mannigfacher Art, von denen die bekanntesten der Kurve einer Parabel (Halbparabel) oder einer Hyperbel (Schwedlerträger) gleichen. Und dabei handelt es sich nun nicht mehr ausschließlich um den Obergurt. Schon in den Holzkonstruktionen hatte der sogenannte »Laves'sche Balken« (1834) Träger aus *zwei* gebogenen versteiften Balken eingeführt, deren Umriß etwa dem des Weberschiffchens, einem »Fischbauch« oder einer Linse ähnelt. (Abb. 33.) Im »Pauliträger« treten solche Doppelkurven übereinander, wobei sich »statisch für die Spannkräfte eines jeden der beiden Gurte gleich hohe Grenzwerte« ergeben. Werden mehrere dieser Linsensysteme aneinandergereiht, so zeigen sich dem Blick

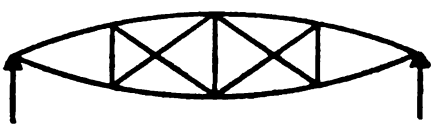


Abb. 33.

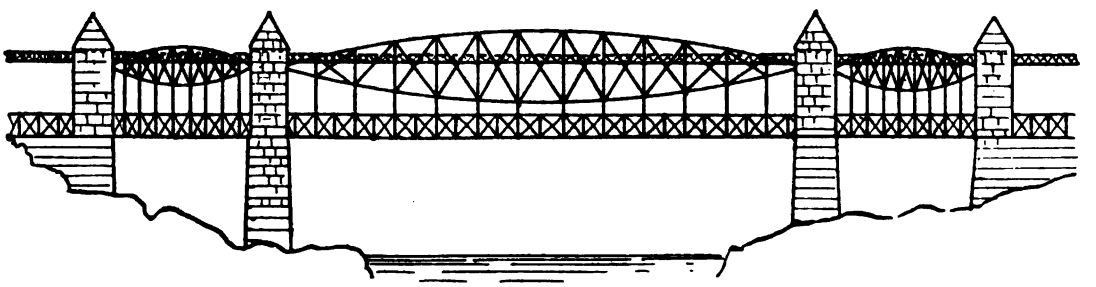


Abb. 34.

langgezogene, einander durchkreuzende Doppelwellen. Konvexe und konkave Kurven treten nun also rhythmisch nebeneinander; dabei kann die Fahrbahn sowohl unten angehängt, wie dazwischen eingeschoben oder auch oben aufgeheftet sein. (Abb. 34.)

Zu analogem Linienspiel führte aber neben dem Balkenträger und der Kettenbrücke auch noch ein drittes, folgenreiches System, das man als *Kragträger* (porte

à faux, »*cantilever*«) bezeichnet. Sein Wesen ist das Auskragen über einen Stützpunkt hinaus. Von zwei Seiten aus sich begegnend, werden diese Kragbalken zur Brücke, indem sie ein drittes Trägerstück auf oder zwischen sich nehmen. Die Verbindung ist, um das System statisch bestimmt zu machen, durch Gelenke herzustellen. Wo diese »Kragträger« die Brückenbahn auf ihrem Obergurt aufnehmen, steigen sie zu dessen wagerechter Linie von unten her schräg oder als Bogen aufwärts; wo sie die Fahrbahn jedoch auf ihrem Untergurt tragen, muß dieser — das heißt also das Doppelpaar der Hebelarme selbst — wagerecht bleiben, und wenn dann die Obergurte als konkave Kurven gezeichnet werden, ergibt sich auch hier das Gesamtbild einer Hängebrücke. Sind Ober- und Untergurt geschwungen, so vollzieht sich für den Blick unter- und oberhalb der Fahrbahn rhythmisch und symmetrisch eine Doppelbewegung konkaver und konvexer Kurven, von Bogen und Kette, die sich dann auch durchkreuzen können. (Abb. 35—40.)

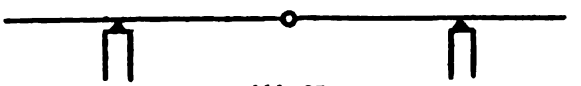


Abb. 35.

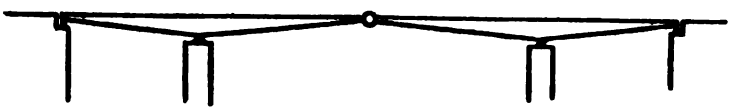


Abb. 36.

Abb. 37.

Abb. 38.

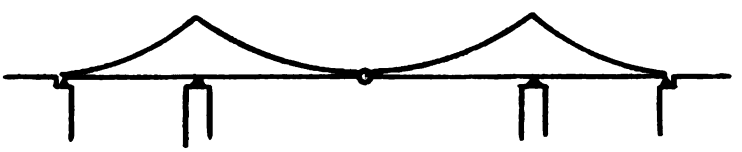


Abb. 39.

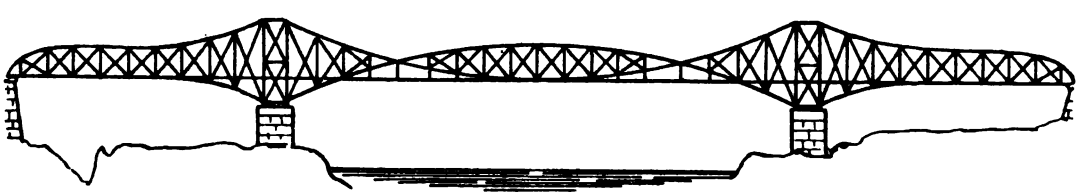


Abb. 40.

Seit der erste Bogen gewölbt wurde, war die Frage, wie seinem Seitenschub zu begegnen sei, eine Lebensfrage der Baukunst. Der Brückenbau hatte dieses Problem seit den hölzernen Bogenbrücken des 18. Jahrhunderts und Bruyères kleinem schmiede-

eisernen Steg über das *Crou*flüßchen mit dem statischen Prinzip des Fachwerks vereint, zu dem dann im 19. Jahrhundert das der Kämpfer- und Mittelgelenke trat. Auf dieser bereicherten Grundlage entwickelten sich seit den fünfziger Jahren unter dem Aufschwung der statischen Theorien die *Bogenbrücken*. Konstruktiv und ästhetisch zeigt sich diese Entwicklung vor allem in den Spannweiten, den Bogenlinien und in der wachsenden Leichtigkeit des Fachwerkes sowie des Windverbandes. Über breite Öffnungen schwingen sich Bögen in flachster Kurve in immer lichterer Durchsichtigkeit der Gitterstäbe. Dazu aber kommt als ein neues Element von hoher ästhetischer Bedeutung das Verhältnis des Bogens zur *Brückenbahn*. Ob sie von ihm gestützt oder an ihn angehängt wird, bleibt für die statische Berechnung gleichgültig. Selbst wenn die Fahrbahn in der bisher üblichsten Weise *über* dem Bogen liegt, im Profil also als dessen Tangente erscheint, wird diesem Verhältnis durch die Flachheit des Bogens neuer Reiz abgewonnen. (Abb. 41.) Größer aber wird dieser, wenn die wagerechte Fahrbahn die Kämpferpunkte des Bogens sehnenartig verbindet. Das ist in der jüngsten Phase des deutschen Brückenbaues in allen den Fällen, bei denen das Traggerüst aus äußeren Gründen *über* der Fahrbahn liegen mußte und die ästhetische Wirkung berücksichtigt ward, das am häufigsten angewandte System. (Abb. 42.) Die Fahrbahn nimmt dann auch statisch meistens als Sehne den Horizontalschub des Bogens auf und entlastet den Pfeiler. Und nicht nur als Verbindung der Kämpferpunkte übt sie diese Wirkung; sie kann den Bogen auch durchschneiden.

Abb. 41.

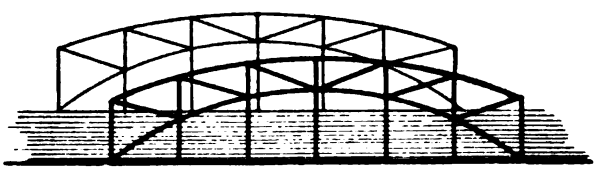


Abb. 42.

Abb. 43.

Das hat jetzt auch den *Hängebrücken* neue Schönheit gegeben, besonders dadurch, daß die mittlere Hauptkette die Fahrbahn von oben her nur in der Mitte leicht berührt, die seitlichen Ketten zum Lande hin aber sie durchkreuzen. Eine konstruktiv beredtere und zugleich gefälligere Umrißlinie läßt sich kaum denken. (Abb. 43.)

Die Zahl der statischen Systeme ist damit noch keineswegs erschöpft. Auch werden sie nicht stets unmittelbar und einheitlich angewandt, es finden vielmehr — wie schon oben hervorgehoben wurde — von vornherein Kombinationen und Übergänge statt. Gleichwohl darf hinsichtlich des Zusammenhanges mit den statischen

Theorien das Erwähnte hier genügen, denn hier kommt es allein darauf an, wie weit zwischen diesen Theorien und der rein formalen Erscheinung der Brücken prinzipiell ein Abhängigkeitsverhältnis besteht, und es hat sich gezeigt, daß der Blick aus den Linien selbst zuweilen mit vollem Recht auf eine andere Kräfterechnung schließt, als tatsächlich zu Grunde liegt.

* * *

Vermannigfaltigt werden die Linien dieser Hauptsysteme aber noch durch die Art der »*Versteifung*«.

Sie kennzeichnet die Sonderstellung der »Brücken« innerhalb der Bauwerke. Denn die »Gebäude«, auf die sich die Baugeschichte bisher meist ausschließlich zu beschränken pflegt, haben eine im wesentlichen unveränderliche Festigkeit. Eine Brücke aber erfährt ihrem Wesen nach *wechselnde* Belastung. Wenn beispielsweise ein Eisenbahnzug über eine eiserne Hängebrücke rollt, schiebt sich damit eine gewaltige Last von einem Ende der Brücke zum anderen und setzt Ketten und Fahrbahn dadurch einer geometrischen Formenänderung, einer »Deformation« aus, die zum Einsturz führen kann.

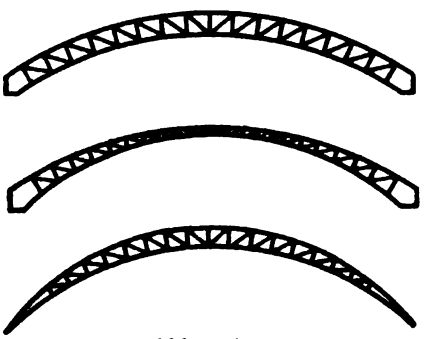


Abb. 44/46.

Dem begegnet die »Versteifung« durch den Dreiecksverband.

Mit annähernd gleichem Erfolg kann sie dabei auf die verschiedenen Hauptglieder der statischen Systeme beschränkt werden: sowohl auf die Kette, beziehungsweise den Bogen, wie auf die Fahrbahn, wie auch auf die zwischen Bogen und Fahrbahn liegenden Zwickel.

Bei der Versteifung der *Kette*[1] ergeben sich oben oft reizvolle Girlandenmotive. Bei der Versteifung der *Bögen* sprechen auch hier die verschiedenen Umrißtypen: anders der Bogen mit parallelen Gurtungen als der zur Mitte hin verjüngte, vollends als der Sichelbogen. (Abb. 44/46.) Es sprechen auch die Ansätze mit: anders beim breit eingespannten Bogen, als beim Gelenkbogen.

Bleibt der Bogen ein Stabbogen, so wird am häufigsten die *Fahrbahn*[2] versteift, und wiederum verändert sich das Gesamtbild vollständig, je nachdem diese versteifte Fahrbahn über oder unter dem Bogen liegt. (Abb. 47/48.)

Als Linienkombination am wenigsten neuartig im Hinblick auf hölzerne Deckenkonstruktionen wirkt die dritte Lösung, bei der die Versteifung in den Zwickeln zwischen Bogen und Fahrbahn angeordnet ist[3]. (Abb. 49.)

Überall wird hier die Gliederung des Trägers zu einem wesentlichen Teil des *Liniengebildes*. Wo für das Gitter die Vollwand eintritt — im Blechbogen mit I-förmigem Querschnitt wird die Versteifung vom Eisenblech selbst übernommen —

[1] Point Bridge.
[2] Alte und neue East River-Brücke in Neuyork. Kettenbrücke in Prag.
[3] Bisher nur in Wettbewerben vorgeschlagen.

geht die Eisenbrücke des mannigfaltigen Linienspiels des Gerüststiles verlustig. Vollends bei dem jüngsten, am Pont d'Alexandre in Paris durchgeführten Versuch, den Brückenbogen nicht aus genieteten Walzeisenstücken, sondern aus verschraubten Gußstahlteilen zusammenzusetzen, handelt es sich für das Auge wiederum nur um eine kompakte, dem Steinbogen verwandte Masse. Der ästhetische Reiz liegt hier in der Schönheit des Flachbogens selbst.

* * *

Den Geist des Eisenstils verkünden stilistisch bislang am klarsten die *Fachwerkbrücken*. Ihre Sprache ist ästhetisch zunächst die gleiche, wie die jedes Eisengerüstes. Aber der Gesamtsinn ist ein anderer als bei einer Raumgestaltung. Auch die Brücken »überdecken« einen Raum, und solange man von unten her in ihr Gefüge hineinsieht, kann man sie als torartig schmale Decken betrachten, allein das geschieht in Wirklichkeit nur ausnahmsweise und erfaßt keinesfalls das Wesen der Brücke. Denn dieses ist nicht die Überdeckung einer Tiefe schlechthin, sondern die Fortführung eines Weges über eine Tiefe. Das bedingt zunächst die Vorherrschaft einer einzigen Richtung, der Längsachse, der gegenüber die Breitenausdehnung in den meisten Fällen die weitaus geringere bleibt. Es bedingt aber auch für das Gesamtbild als »Tragwerk« eine Eigenart, die in keiner formal verwandten Gattung der gesamten raumgestaltenden Baukunst vorhanden ist. Die Decke beurteilen wir im Hinblick auf den Raum, *über* dem sie sich befindet, die Brücke zugleich auch im Hinblick auf den Weg, *zwischen* dem sie sich befindet. Ein Tor ist lediglich eine Raumumrahmung, es bildet einen Durchgang; eine Brücke ist zugleich eine Raumdurchquerung, sie trägt einen Übergang. Es gibt zahlreiche Brücken, die überhaupt nicht als Tore dienen, beispielsweise die Überbrückungen der Felsschluchten und Wasserfälle. Auch formal ist die Verwandtschaft der Brücke mit einem »Tor« etwas Sekundäres, sie ist nur das konstruktive Mittel für den völlig anderen Hauptzweck. Daseinsberechtigung gibt dem ganzen Gebilde auch ästhetisch nur die Brückenbahn.

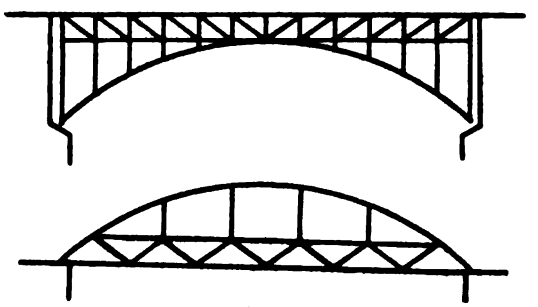


Abb. 47/48.

Abb. 49.

Daher ist es wohlbegründet, daß Reuleaux an die Spitze aller künstlerischen Forderungen die »Erkennbarmachung des Fahrbahnzuges« stellt. Er soll im ganzen als einheitliche Leitlinie hervortreten. Und wenn er dabei zur Mitte leicht ansteigt — geradlinig oder als Kurve — so faßt er für den Anblick die Gesamtkraft des Tragwerkes konzentrisch in günstiger Weise zusammen.

Die *Fahrbahn* bleibt aber in jedem Falle, sei sie nun sichtbar und »steigend« oder nicht, das Wesentlichste des tektonischen Gesamtorganismus. Sie bestimmt —

so ergab sich oben — seine Eigenart als Bauwerk, den neuen Inhalt der tektonischen Sprache.

Was sagt diese dem Auge?

Daß sich Kräfte, tektonisch geformt und verbunden, von Stütze zu Stütze herüberbewegen, um einen Weg zu bereiten, um einen schmalen Boden schwebend zu halten. Sie nehmen ihn auf ihren Rücken oder spannen ihn zwischen sich, zuweilen völlig mit ihm verwachsend. Aber wie stark sie auch immer scheinen, und wie kühn und weit sie sich über den Boden hin ausrecken: von ihm gehen sie aus und zu ihm zurück, und auch bei ihrem Weg durch die Leere müssen sie sich von Zeit zu Zeit wieder auf ihn stützen.

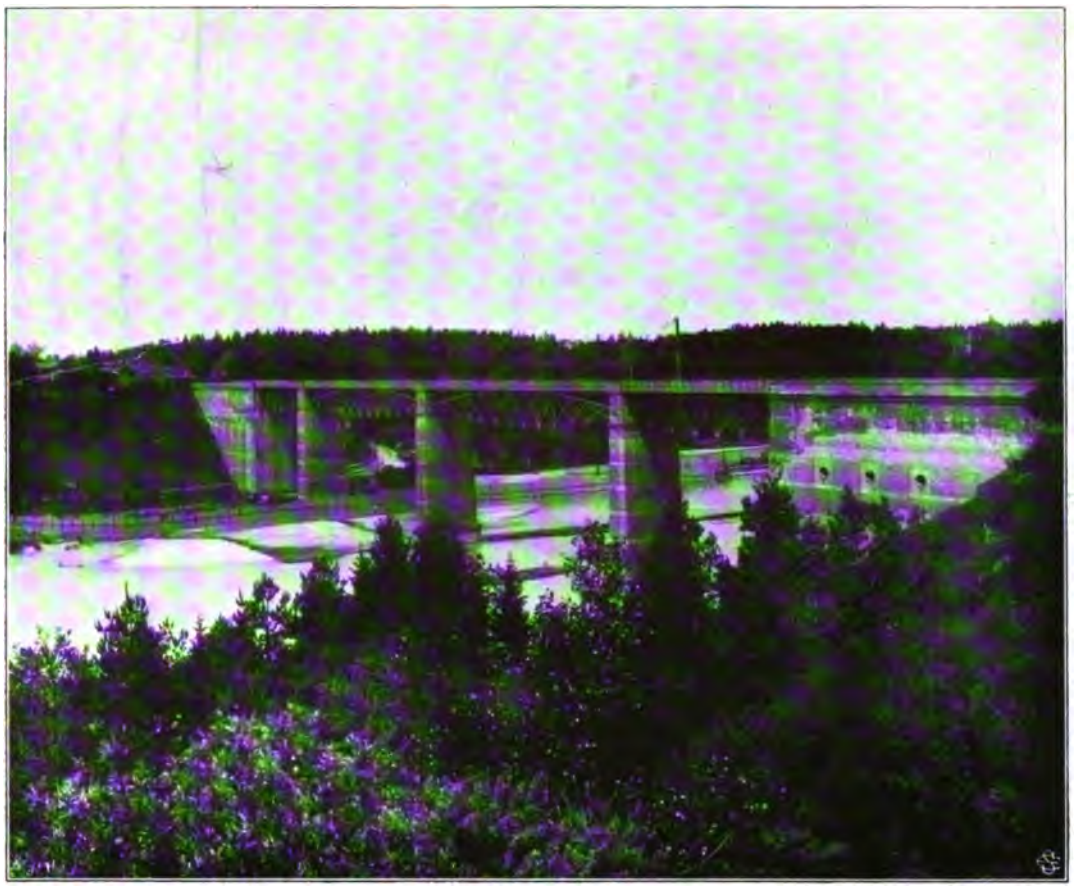
Das kann in verschiedener Höhe geschehen: unten, der Tiefe nah, die überbrückt wird, oder hoch über ihr, an der Brückenbahn selbst. Es erfolgt auch in verschiedener Art: ganz ruhig — mit breitem Fuß — oder in nur hastiger Berührung durch ein Gelenk. In jedem Fall aber beherrscht dieses Sichaufstützen den Rhythmus der ganzen Bewegung. Und dabei bewährt sich das ewige Recht des erdgeborenen *Steines*. Diese Fuß- und Stützpunkte des Eisengerüstes sind ummauert, oder sie liegen auf aufgemauerten Pfeilern, beziehungsweise stemmen sich gegen sie. Der Funktion nach gleichen diese Steinpfeiler denen des Gewölbebaues. Aber sie gesellen sich hier dem *Eisengerüst*. Dieser Materialwechsel ist, wie für die Konstruktion, so auch für das Gesamtbild von größter Bedeutung. Nirgends vielleicht in der gesamten Baukunst wird die Festigkeit des Steines ästhetisch in gleichem Grade ausgenutzt. Es ist die »Masse«, die sich hier in voller Wucht dem leichten Liniengebilde zur Verfügung stellt, bald mit der Behäbigkeit eines niedrigen Blockes, bald mit der Behendigkeit eines schlanken Turmes.

Über und zwischen diese kompakten Pfeiler breitet und spannt sich das Traggerüst aus wagrechten, senkrechten, schrägen, vor allem aber aus gebogenen Linien. Sie setzen in ihrem Verhältnis zueinander den durch die steinernen Stützen gegebenen Hauptrhythmus fort, aber nun der Liniensprache gemäß verfeinert, entmaterialisiert, gleichsam vergeistigt. So bei jedem Eisenbau.

Allein bei der Eisen*brücke* ist die plastische Macht des umschlossenen Raumgebildes gänzlich in das luftige Gerüst der Grenzflächen aufgelöst, die, durch den Windverband locker verknüpft, in einer einzigen Längsrichtung einander parallel laufen. Da herrschen ausschließlich die *Linien*. Die längsten und stärksten von ihnen bezeichnen den Hauptweg von Stütze zu Stütze; die übrigen sind dabei nur Hilfen, Füllungen. Auch diese beeinflussen das Gesamtbild sehr wesentlich. Je zahlreicher sie sind, um so schwerfälliger, ängstlicher, kleinlicher erscheint ihre Funktion. Das ästhetisch Wichtigste aber bleiben die *Umrisse*. Und bei ihnen setzt im Sinne der tektonischen Ästhetik die »Analogie der Linienempfindung« mit ihrer ganzen Beredtsamkeit ein. Diese Umrisse sind einförmig oder vielteilig, hart oder weich, straff oder lasch. Am ausdrucksvollsten werden die *Kurven*. Ihre Mannigfaltigkeit ist hier noch beträchtlich größer als bei den Profilen der Eisenhallen. Rundbogen und Spitzbogen treten zurück. Die Führung hat der *Flachbogen*, konkav und konvex, oft in einer unvergleichlichen Schönheit. Man kann sagen, daß mit den Eisenbrücken die Stilgeschichte der Flachkurve überhaupt erst beginnt und einen ähnlichen Reichtum verspricht, wie ihn der Spitzbogen bot.

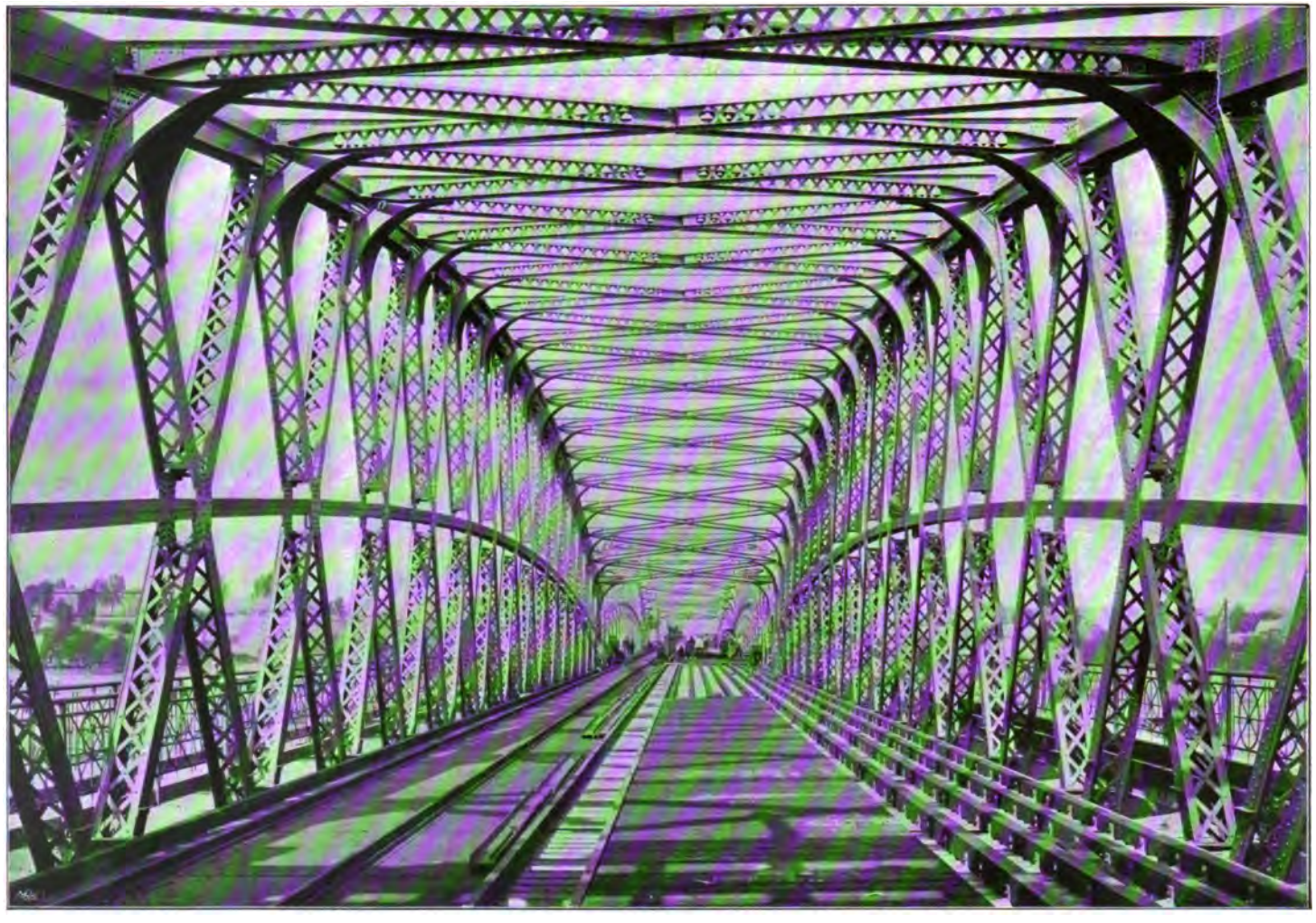
So sprechen schon die Einzellinien an sich. Durch ihre *Verbindung* wird ihr Ausdruck nur noch deutlicher, bereits in der Profilansicht, von außen her, rechtwinkelig zur Brückenbahn. Die Füllstäbe sind stets geradlinig und begegnen sich in Winkeln, in den Linien der Gurtungen aber treten Gerade und Gerade, Gerade und Kurven, Kurven und Kurven in rhythmischem Wechsel nebeneinander und durchdringen sich. Dabei entsteht eine Fülle von Kombinationen, die die bisherige Baukunst nicht kennt. Und überall äußern sich diese Linien ästhetisch als Tempo der Bewegung — vom Schleichen und Schreiten zum Eilen, Gleiten, Springen — und als eine Intensität der Arbeit, von keuchender Anstrengung zu ruhigem Kraftumsatz, bis zum graziösen Spiel. Naturgemäß übt da auch der absolute Größenmaßstab seinen Einfluß. Die doppelte Wellenbewegung, die beispielsweise bei den kurzen, dünnen Pauliträgern der *Isarbrücke* zu *Großhesselohe* an Schlangengeringel erinnert (Tafel VI), wird als dreifach wiederholter Gesamtumriß bei den Riesenfreiträgern der *Forthbrücke* zum Kriechen eines Ungetümes.

Nur von den Umrissen und Füllstäben der Hauptträger war bisher die Rede, von Linien also, die in den beiden der Bahn parallelen Vertikalebenen liegen, und — mit Ausschaltung ihrer perspektivischen Verkürzungen und des Windverbandes — nur von ihrer Wirkung als reine Silhouette für den von außen her auf die Brücke gerichteten Fernblick. In der Tat ist dies die Hauptansicht. Aber sie ist nicht die einzige, über den Kunstwert allein entscheidende. Ihr Gegenbild bietet die *Innenansicht,* in der Richtung der Brückenbahn selbst, an den Seitenwänden entlang. Da tritt dann als auch ästhetisch wesentlicher Teil der *Windverband* hinzu. Dieser wirkt nun als Deckengerüst, und in Verbindung mit der vollen Fläche des Bodens nähert sich der Gesamteindruck wieder dem eines umgitterten Raumes. Er ist gangartig schmal; seine Seitengitter verkürzen sich und treten enger und enger zusammen. Die Regelmäßigkeit — als »gleichmäßige Wiederkehr unterschiedener, doch gleicher Teile« (Vischer) — und der Rhythmus — als Unterbrechung dieser Gleichmäßigkeit in regelmäßigen Abständen — kommen bei dieser Längsansicht zu weit reicherer Wirkung, als bei der Seitenansicht. Es ist dasselbe Verhältnis, wie zwischen der Front- und der Innenansicht einer offenen Säulenhalle. An eine solche, beziehungsweise an offene Pfeilerarkaden, darf man sich auch erinnern, wenn man die stilistische Eigenart dieser Eisenbrücken gerade bei der inneren Längsdurchsicht recht würdigen will. Die vertikalen »Stützen« können ganz fehlen. Sind sie vorhanden, so tragen sie ihre Last nicht über sich, sondern zwischen sich, und stehen dabei hochragend nur am Eingang und Ausgang und einigen wenigen, aber wichtigsten Zwischenpunkten des ganzen Weges: es sind die Fortsetzungen der Brückenpfeiler, die Grenzpfähle der Gitterträger. Als deren Füllstäbe haben die Vertikalen nicht mehr die Bedeutung von Stützen — wie Säulen und Pfeiler — sondern von Streben, welche die Gurtungen versteifen, und sie teilen sich in diese Aufgabe mit den schrägen Stäben — wenn anders sie dabei von diesen nicht überhaupt ganz verdrängt werden. Weder die Senkrechten noch die Wagrechten betonen dabei das »Unten« und »Oben«; sie sind nur Gitterwerke. Um so gleichmäßiger entfaltet sich ihr perspektivisches Bild. Diese in ihm immer schneller aneinandergeschobenen Vertikalen und Schrägen aber werden in ihrem Zickzackweg von den großen Längsverbindungen in der Richtung der Fahrbahn zusammengehalten oder — wenn man will — durchschnitten.



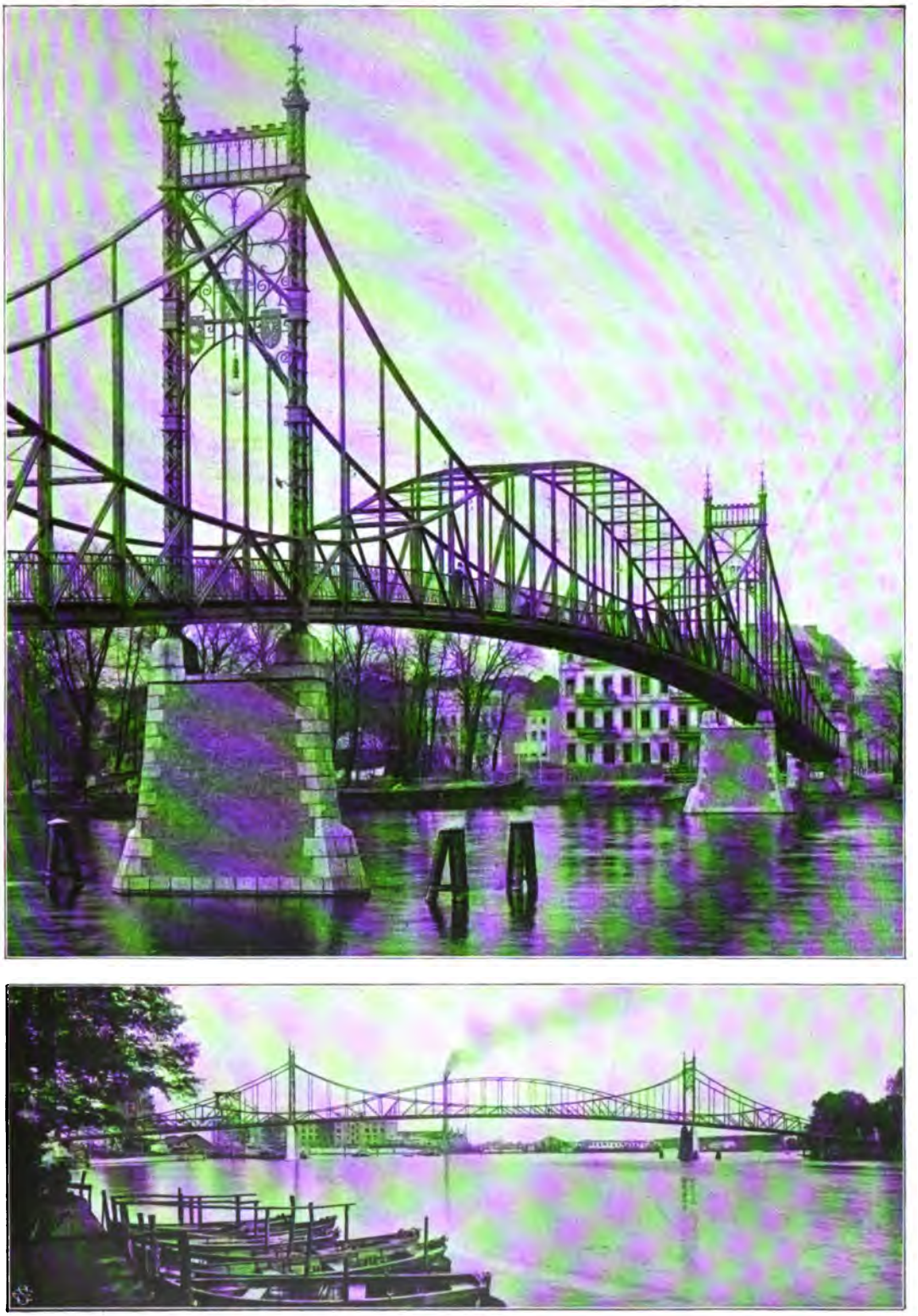
Isarbrücke zu Grosshesselohe

Neue und alte Weichselbrücke bei Dirschau



Weichselbrücke zu Fordon

(Aus „Mehrtens, A hundred years of German bridge building." Verlag von Julius Springer, Berlin)



Müller-Breslau's Bogenbrücke in Niederschöneweide bei Berlin

(Aus „Zeitschrift für Bauwesen." Verlag von Wilh. Ernst u. Sohn, Berlin)

Wenn diese Verbindungen geradlinig sind — horizontal oder schräg — bleibt das Gesamtbild noch immer den Gerüsten der hölzernen Fachwerkwände mit ihren Pfosten, Balken, Streben verwandt; wenn sie als Kurven konkaven Bögen gleichen, wird man noch an Arkaden gemahnt; wenn sie sich jedoch gleich hängenden Girlanden von Pfeiler zu Pfeiler schwingen, entsteht gerade für diese innere Längsperspektive ein neues Bild von völlig neuem Reiz. Es ist nicht zuviel behauptet, daß darin ein den Arkadenreihen ebenbürtiger, künstlerischer Rhythmus gegeben ist. Und wie er aus den Füllstäben der Seitenwände die Vertikalen zugunsten des Dreieckverbandes mehr und mehr verdrängt, so führt er diese auch in den Windverband oben an Stelle der rechtwinklig zur Fahrbahn verlaufenden Querstangen ein und gibt damit dem Liniengerüst der »Decke« eine besonders in der Längsperspektive höchst lebendige, den »Wänden« harmonisch angepaßte Gestalt. Ein mustergültiges Beispeil für alle diese Erscheinungen ist die *»Neue« Weichselbrücke* bei *Dirschau.* (Tafel VI.) Sie läuft der »alten« parallel, die als engmaschiger Gitterbalken neben ihr archaisch hart erscheint. Die »alte« Brücke ward 1857 errichtet, die »neue« 1890/91. Bei beiden Werken trat neben den Konstrukteur ein feinsinniger Architekt — dort *Stüler,* hier *Jakobsthal.* Aber Stülers Anteil beschränkte sich auf die steinernen Torbauten; Jakobsthal wurde bereits auch bei der Eisenkonstruktion gehört, insbesondere bei der Anordnung des Windverbandes. Der künstlerische Fortschritt zwischen beiden Eisenbrücken ist erstaunlich. Allein er bezeichnet nicht etwa einen Abschluß. Auch über die »neue« Dirschauer Brücke geht die »neuere« *Fordoner Weichselbrücke* (1894) (Tafel VII) künstlerisch hinaus, durch ihre klareren Linien — an den Seitenwänden nur Gegendiagonalen — und durch die Herrschaft der Kurven — nicht nur in den Hauptlinien der Längsrichtung, bei denen die mittlere Wagerechte der Dirschauer Brücke ganz fehlt, sondern auch im Windverband oben. Dort bewirken die ausgerundeten Eckstücke ihrer Ansätze, daß sich in der Gesamtperspektive statt der gekreuzten Geraden gekreuzte *Kurven* — zu bewegen scheinen. Das ist also ein Ausschleifen der Winkel, ein Abschleifen der Kanten, im Ganzen: eine wachsende Herrschaft der Kurve. Im letzten Jahrzehnt wurden dieser insbesondere durch die Bogenbrücke *Müller-Breslaus* in Nieder-Schönweide bei Berlin, wie für die Umrisse, so auch in noch höherem Grade für die perspektivischen Durchblicke Reize abgewonnen, wie sie kein solches Bauwerk zuvor je zeigte. (Tafel VIII.)

Dieser historische Weg von der »alten« Dirschauer Weichselbrücke bis zu der Brücke Müller-Breslaus kann schon für sich allein bezeugen, daß die Geschichte der Eisenbrücken ein Hauptteil der Architekturgeschichte ist.

In einem halben Jahrhundert ward er zurückgelegt. Solche Schnelligkeit im Gewinnen völlig neuer künstlerischer Eindrücke kennt die Steinbrücke nicht seit Jahrtausenden. Ihre älteste Form, der von Stütze zu Stütze reichende Rundbogen, bleibt zugleich auch die schönste. Welche steinerne Brücke hätte je die erhabene Größe übertroffen, in der die römischen Aquädukte die Campagna durchziehen? Die Holzbrücken vollends verlieren sich mit der Reife ihrer Konstruktion in mehr künstliche als künstlerische Liniengebilde. Den künstlerisch reichsten Keim barg die uralte, ursprünglich nicht nur jenseits aller Kunst, sondern auch fern aller Zivilisation verwendete Kettenbrücke, aber erst das Eisen konnte ihn zur Reife bringen. Dessen

Natur selbst war dabei förderlich; sie unterstützte den Eindruck elastischer Spannung.

Die statischen Systeme der Eisenbrücken bedeuten für den konstruktiven Geist des Eisenbaues etwa dasselbe wie im Steinbau die gotischen Strebesysteme. Sie aber wurden ersonnen, um Gewölbe schützend über die dem Hasten des Alltags entrückte Andacht zu halten — die Tragwerke der Eisenbrücken vermitteln das Hasten selbst: sie sind Denkmäler der Unrast.

Doch diese ist nichts Unkünstlerisches. Lebt sie nicht auch im gotischen Strebewerk? In seinem Turm steigt sie himmelwärts — in den Brücken schwingt sie sich über die Leere hinüber, von Weg zu Weg: hier wie dort ein Sinnbild des Menschengeschlechtes, dem gegeben ist

»An keiner Stätte zu ruhn«.

DRITTES BUCH.

ANFÄNGE EINER EISEN-ARCHITEKTUR.

I.

TYPISCHE BEISPIELE AUS DER BAUGESCHICHTE.

Die Bauten der Zukunft werden mit neuen Größen und mit neuer Helligkeit rechnen; über die Maße wird das Eisen entscheiden, über die Helligkeit das Glas; beide vereint können neue Raumwerte schaffen, auch ohne sie schafft das Eisen neue Linien. Das lehren die im ersten Abschnitt behandelten Großkonstruktionen.

Sie sind so gut wie ganz durch die statische Notwendigkeit bestimmt, und die beiden raumumschließenden Gebäude unter ihnen, der Kristallpalast und die Pariser Maschinenhalle, sie sind auch ihrem Zweck nach lediglich Nutzbauten. Ebenso die Brücken. Der Eiffelturm dient allerdings vorwiegend einem Gedanken, er ist das höchste Denkmal des Ehrgeizes, allein dieser ideelle Zweck verlangte eine so ungeheure Anspannung der rein verstandesmäßigen und technischen Kraft, daß der „symbolische" Gehalt des Bauwerkes daneben ganz zurücktrat, und die künstlerische Freiheit von vornherein gebunden war. Der Kunstgeschichte gehören alle diese Großkonstruktionen nur mittelbar an. Die stilistischen Probleme, die hier in Frage stehen, erscheinen in ihnen zwar in ihrer prägnantesten Gestalt, aber auch in ihrer gröbsten: auch in diesem übertragenen Sinn sind ihre Eisengerippe gleichsam nur Rohform.

Einzelne Kunstformen gingen voran. Im zweiten Drittel des neunzehnten Jahrhunderts entstanden eine Reihe von Monumentalbauten, bei denen das Eisen — zunächst das Gußeisen, dann auch das Schmiedeeisen — eine hervorragende, wenn nicht entscheidende Rolle spielt. Allein ihre werbende Kraft und prinzipielle Bedeutung vermögen sich mit der der erörterten Großkonstruktionen auch nicht annähernd zu messen. Daher wurden diese hier, wo es gilt, das Wesen des Eisenbaues zu erfassen, an die Spitze gestellt. Die frühesten künstlerischen Eisenbauten, deren Charakteristik nun nachzuholen ist, gehören in erster Reihe in den Zusammenhang der geschichtlichen Stilkunst, welche die Architektur ihrer Zeit beherrscht.

1. Die ersten künstlerischen Eisenbauten und die historische Stilkunst.

Die frühesten künstlerischen Schritte der Eisenarchitektur in Deutschland geschahen unmittelbar auf den Bahnen *Schinkels*, bei der Fortführung seines *Museums* in *Berlin*.[1] *Stüler*, der diese reizvolle Aufgabe 1841 übernahm, war als Konstrukteur ebensowenig ein genialer Neuerer, wie als Architekt, aber er wußte in jeder Hinsicht die Lösungsmöglichkeiten wirksam und umsichtig auszunutzen. Den Aus-

[1] Vergl. das von *Stüler* selbst mit kurzem Text versehene Tafelwerk: Berlin 1862 und *Vierendeel*, Pl. IV/V. S. 55, der hier wohl zu bedingungslos lobt.

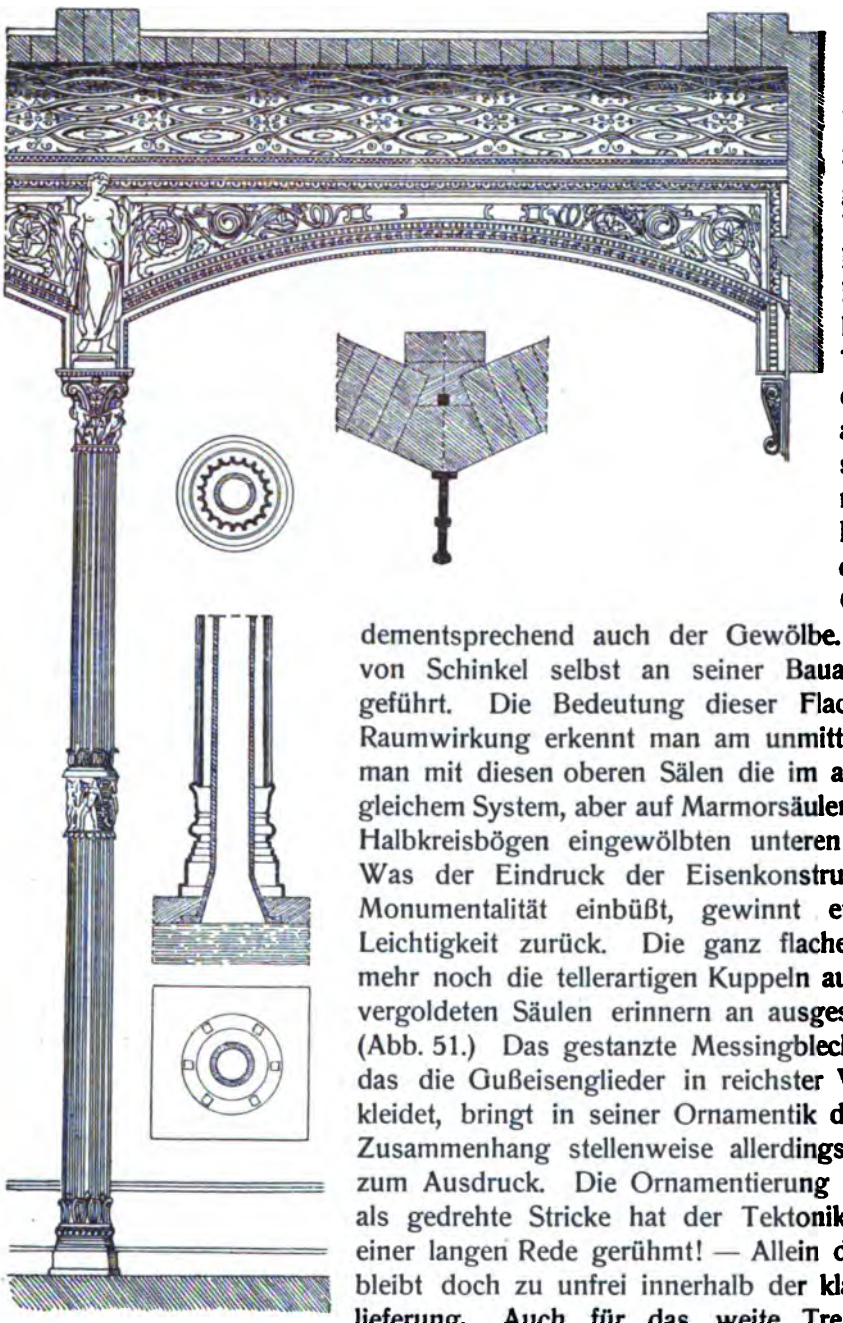
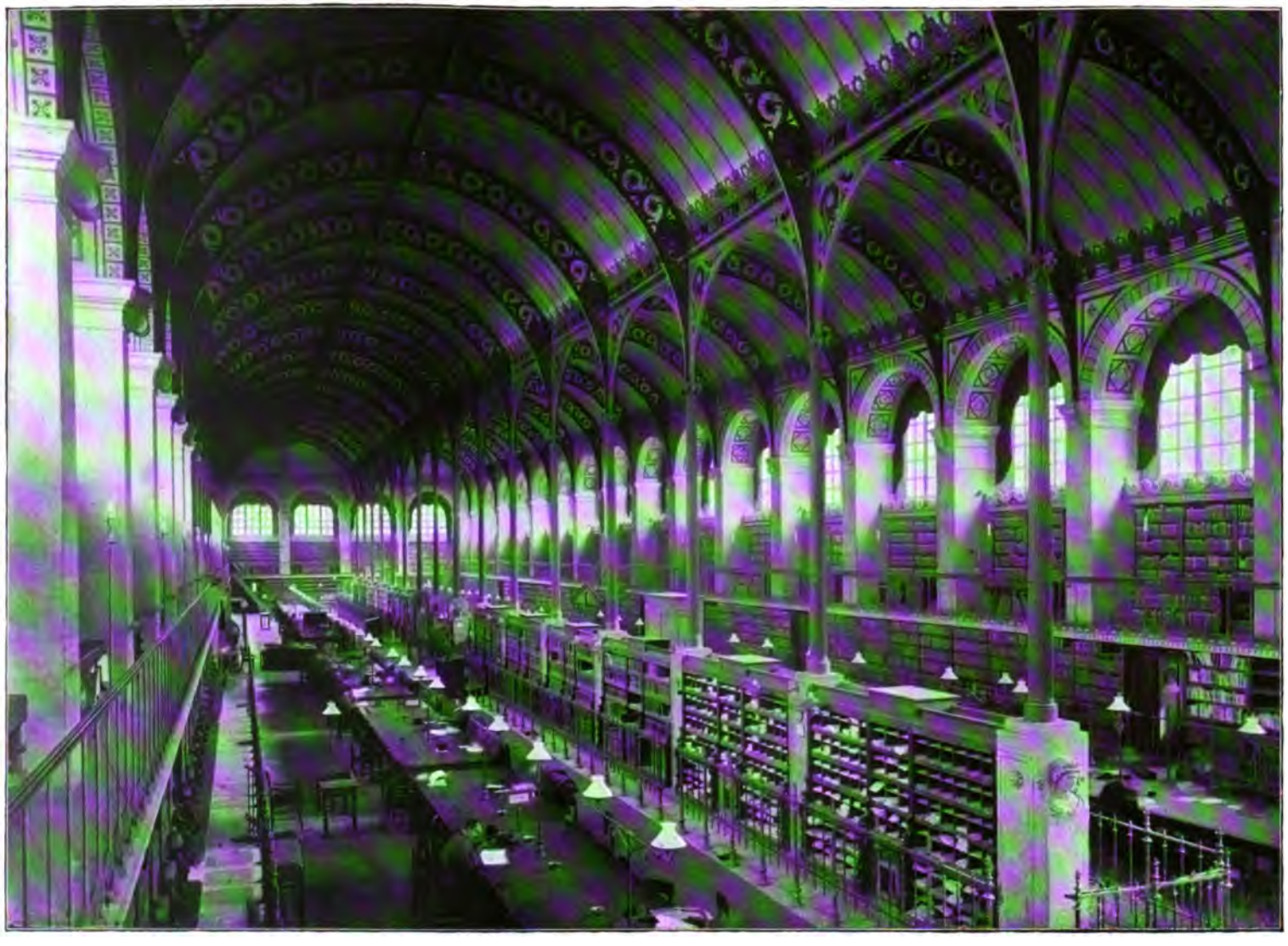


Abb. 50. Gußeiserne Säule und Bogenbinder von Stüler (Neues Museum, Berlin).

stellungssälen im ersten und zweiten Geschoß geben gußeiserne Säulen und Bogen-Binder ein Traggerüst für leicht aus Töpfen konstruierte Wölbungen. (Abb. 50.) Tritt das Eisen dabei als solches auch nicht hervor, so schafft es doch neue Raumbilder. Ihre Eigenart ist die Flachheit der Gurtbögen und dementsprechend auch der Gewölbe. Beides bereits von Schinkel selbst an seiner Bauakademie durchgeführt. Die Bedeutung dieser Flachlinien für die Raumwirkung erkennt man am unmittelbarsten, wenn man mit diesen oberen Sälen die im allgemeinen nach gleichem System, aber auf Marmorsäulen und steinernen Halbkreisbögen eingewölbten unteren Säle vergleicht. Was der Eindruck der Eisenkonstruktion dabei an Monumentalität einbüßt, gewinnt er durch seine Leichtigkeit zurück. Die ganz flachen Kappen und mehr noch die tellerartigen Kuppeln auf den schlanken vergoldeten Säulen erinnern an ausgespanntes Gezelt. (Abb. 51.) Das gestanzte Messingblech und Gußzink, das die Gußeisenglieder in reichster Vergoldung verkleidet, bringt in seiner Ornamentik den tektonischen Zusammenhang stellenweise allerdings recht glücklich zum Ausdruck. Die Ornamentierung der Zugstangen als gedrehte Stricke hat der Tektoniker Bötticher in einer langen Rede gerühmt! — Allein diese Dekoration bleibt doch zu unfrei innerhalb der klassischen Überlieferung. Auch für das weite Treppenhaus fand Stüler keinen anderen konstruktiven Gedanken als den eines hölzernen Dachstuhles mit klassischer Dekoration, wie es Schinkel für den Empfangssaal des griechischen Königspalastes 1834 vorgeschlagen hatte[1].

[1] Es war diese Verwendung freilich auch ein Akt der Pietät. Manches Übermaß an Zierformen und Vergoldung ist dadurch verschuldet, daß Stüler die Dekoration der Räume mit der Zierlichkeit



Lesesaal der Bibliothèque Ste. Geneviève in Paris

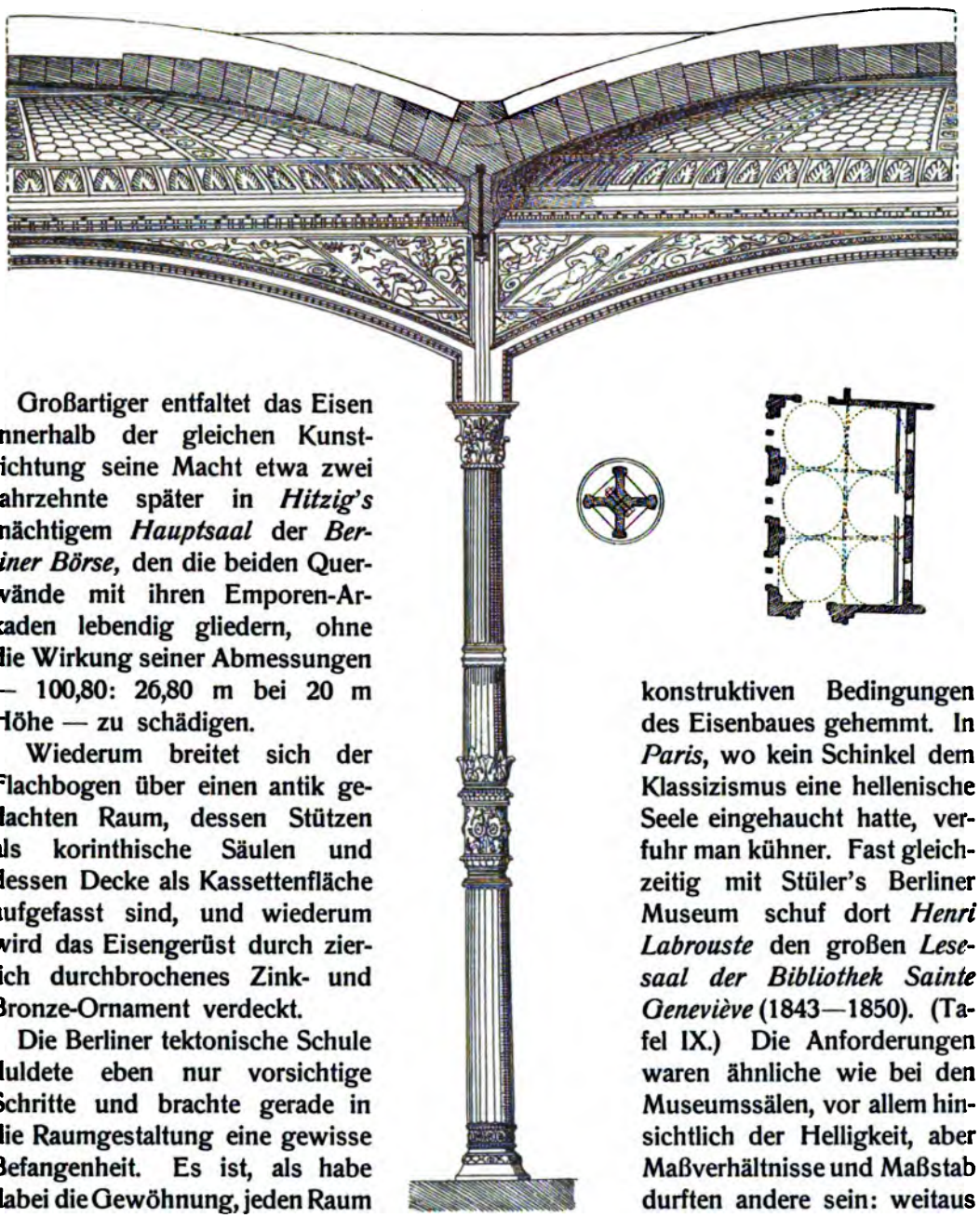


Abb. 51.
Säule mit tellerartigen Kuppeln (Neues Museum, Berlin).

Großartiger entfaltet das Eisen innerhalb der gleichen Kunstrichtung seine Macht etwa zwei Jahrzehnte später in *Hitzig's* mächtigem *Hauptsaal* der *Berliner Börse*, den die beiden Querwände mit ihren Emporen-Arkaden lebendig gliedern, ohne die Wirkung seiner Abmessungen — 100,80: 26,80 m bei 20 m Höhe — zu schädigen.

Wiederum breitet sich der Flachbogen über einen antik gedachten Raum, dessen Stützen als korinthische Säulen und dessen Decke als Kassettenfläche aufgefasst sind, und wiederum wird das Eisengerüst durch zierlich durchbrochenes Zink- und Bronze-Ornament verdeckt.

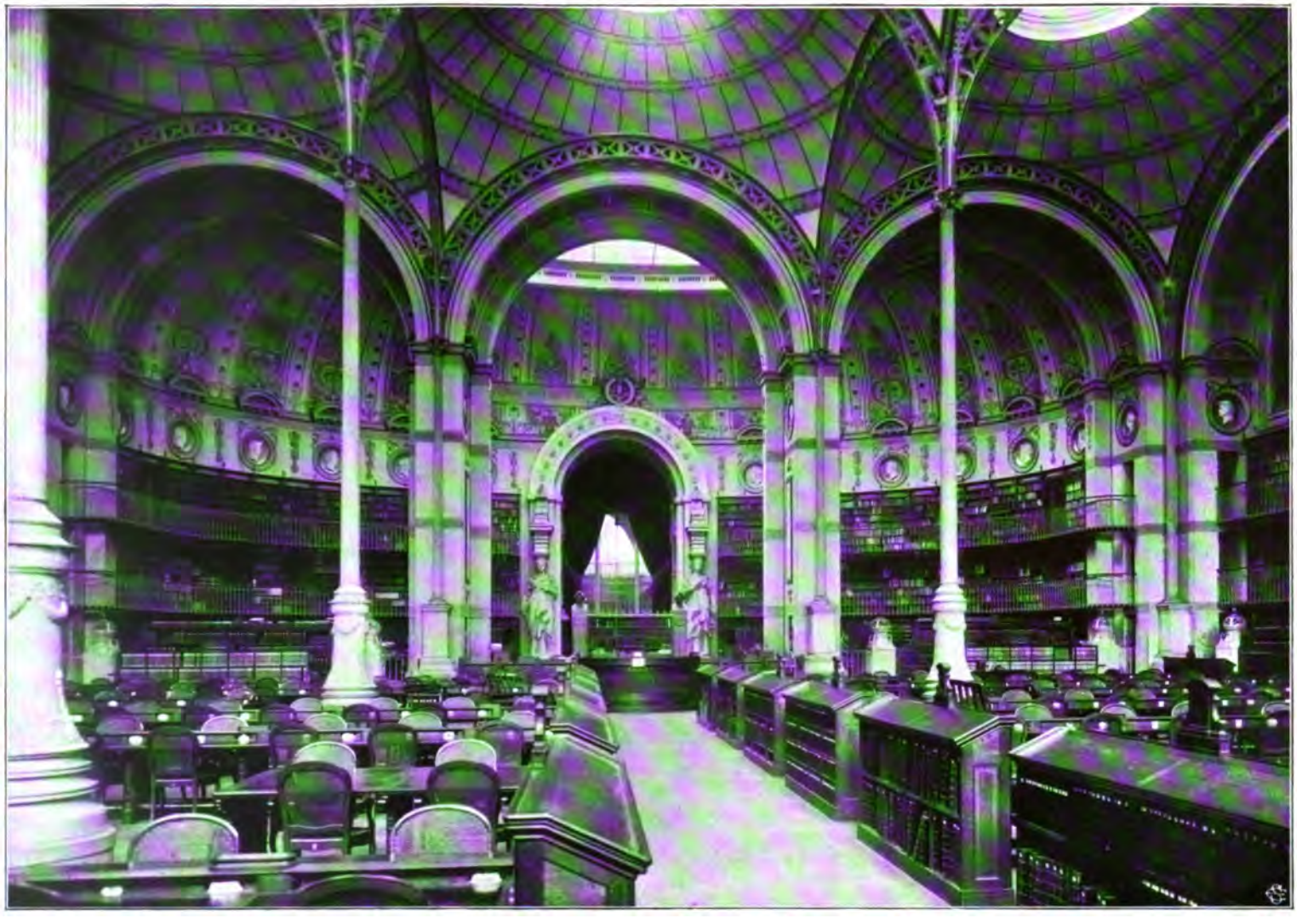
Die Berliner tektonische Schule duldete eben nur vorsichtige Schritte und brachte gerade in die Raumgestaltung eine gewisse Befangenheit. Es ist, als habe dabei die Gewöhnung, jeden Raum zunächst im Sinne des hellenischen Steinbalkenbaues zu durchdenken, die Frische des Entwurfes geschädigt und vollends seine unmittelbare Ableitung aus den konstruktiven Bedingungen des Eisenbaues gehemmt. In *Paris*, wo kein Schinkel dem Klassizismus eine hellenische Seele eingehaucht hatte, verfuhr man kühner. Fast gleichzeitig mit Stüler's Berliner Museum schuf dort *Henri Labrouste* den großen *Lesesaal der Bibliothek Sainte Geneviève* (1843—1850). (Tafel IX.) Die Anforderungen waren ähnliche wie bei den Museumssälen, vor allem hinsichtlich der Helligkeit, aber Maßverhältnisse und Maßstab durften andere sein: weitaus größere Längsausdehnung und größere Höhe. Allein nicht hierauf beruht die gänzlich andere Wirkung dieser Pariser Doppelhalle, sondern

der in ihnen ausgestellten Objekte in Einklang bringen wollte. So — wie er selbst sagt — im Bronzesaal.

auf einer anders gearteten Tektonik, in der das gotische Empfinden nachzuleben scheint. Von den 16 schlanken gußeisernen Säulen steigen die halbkreisförmigen Eisenbögen gleich den Rippen spätgotischer Gewölbe auf. Weit gespannt und stegartig hoch, dienen sie den beiden Tonnenwölbungen als Gurte, niedrig, als Längsgurte, verbinden sie Säule mit Säule und tragen die Kämpferlinien der Gewölbe, deren Scheitellinie ebenfalls durch von Quergurt zu Quergurt reichende, flache Eisenbögen bezeichnet ist. So faßt das Auge den konstruktiven Zusammenhang auf — allerdings nicht ganz zutreffend, denn dieses Gerüst dient nicht nur als Trägerin der gewölbten Innendecke, sondern es hält teilweise auch den darüber aufragenden, von innen nicht sichtbaren schmiedeeisernen Dachstuhl. Für die Wölbungen sind diese starken gußeisernen Quergurte unnötig; die sphärischen Flächen werden nur durch ein System dünner, sich kreuzender schmiedeeiserner Bögen und Längsstangen gebildet, dessen quadratische Felder mit einem Drahtnetz überspannt und mit Gips beworfen sind. Der unentbehrlichste Teil des gußeisernen Innengerüstes sind füglich die Längsverbindungen über den Säulen, auf welche die schmiedeeisernen Bögen der Wölbungen aufsetzen. — Aber für den Blick des im Innenraum Weilenden, dem die gewölbte Fläche oben als Abschluß gilt, bleibt der ganze Organismus der gußeisernen Glieder das verständlichste, rhythmisch geteilte Tragewerk dieses Innenraumes selbst. Zum ersten Male sieht er hier nur die wirklich statisch funktionierenden gußeisernen Stützen, Bögen, Balken, ohne Verkleidung durch Zink oder Bronze, und doch durchweg in künstlerischen Schmuckformen; sie sind aus den gußeisernen Stegen selbst herausgeschnitten. Das ist ein ungemein wichtiger Schritt in der Entwickelung des Eisenbaues zur Eisenarchitektur, freilich vorerst nur zu der des Gußeisens. Dessen »à jour«-Ornamentik sagt sich hier nun auch von der Antike bereits los. Sie besteht an den Zwickeln und Bogen aus leicht orientalisierenden Ranken, am Längsträger aus Rosetten und einem zinnenartigen Rand, und sie ist durchgängig nur flächenhaft gehalten. Wo die Gotik von den Säulenkapitälen aus straff profilierte Rippen entsendet, steigen hier dünnwandige, in ornamentalem Spiel zierlich durchbrochene Metallstege auf. —

Doch die Bibliothek von St. Geneviève ward für Labrouste nur zur Vorstufe einer noch originelleren Eisenhallen-Architektur. Abermals galt diese der gleichen Aufgabe, einem öffentlichen Lesesaal, aber an einer Stätte, von der aus die Quelle literarischer Forschung ihre Wellenkreise durch die gesamte Gelehrtenwelt sendet: an der *Pariser Bibliothèque Nationale*[1]. (Tafel X.) Dem entsprechen schon die weitaus mächtigeren und freieren Abmessungen. Statt des zweischiffigen Längsraumes ein dreischiffiger, quadratischer Saal mit einer Halbkreisnische. Die Gliederung in Schiffe tritt hier jedoch überhaupt zurück; es ist einer jener Räume, bei denen das Eisen seine konstruktive Macht mehr in den Dienst der Raumüberdeckung stellt als in den der Raumumschließung. Die gußeisernen Säulen sind hier in der Längs- wie in der Quer-Richtung in je vier Reihen angeordnet; sie stehen an den Ecken der 9 Quadrate, die von Kuppeln überwölbt werden. Dieses System ließe sich endlos fortführen, wie die Arkaden der Moschee von Cordova. In Paris aber schafft es dem quadratischen Saal eine rhythmisch vollendete Gliederung, wobei

[1] Vergl. Vierendeel a. a. O. Pl. 16/17: Text S. 11 ff.



Lesesaal der Bibliothèque Nationale in Paris

die ausgebuchtete Nische, wie die Tribuna der antikrömischen Basilika, die Längsachse leicht betont, und dieses gesamte Eisengerüst — die Tragebögen bestehen aus Schmiedeeisen — wird rings von Steinmauern eingefaßt. Selbst die eisernen Säulen und Arkaden der äußeren Reihe schmiegen sich in Mauerpfeiler und an Mauerbögen. Die Eisenkonstruktion ähnelt der von St. Geneviève: wiederum tragen die Bögen nicht nur die Wölbung, sondern auch das Dach. Diesmal aber sind es gleiche *Halbkreisbögen*, und je vier von ihnen, von den Ecken jedes Grundrißquadrates ausgehend, nehmen unmittelbar die darüber schwebende Kuppel auf, »deren Durchmesser die gleiche Länge hat, wie die Diagonale ihrer Traveen.« Wiederum werden die Kuppeln durch ein Gerüst eiserner, sich kreuzender Meridiane und Parallelkreise gebildet, aber in jeder Kuppel bleibt oben ein weites, kreisrundes Oberlicht[1]. Wiederum tritt das Eisengerüst in seiner Funktion klar hervor, aber das Eisengerippe der Kuppeln ist durch glasierte Fliesen gefüllt, welche die Hauptflächen in glänzendes, das Licht reflektierendes Weiß hüllen und durch ringförmige, farbige Friese gliedern. Die Bogenträger zeigen sternartiges Gitterwerk sowie Goldarabesken auf blauem Fond. Daß *dieser* Eisenbau ein Kunstwerk ist, ward nie bestritten! Allerdings ist er kein reiner Eisenbau; der Stein herrscht quantitativ und schafft das »Gehäuse«. Aber nur, so weit es Umfassungsmauer ist; die Gestaltung des Raumes fällt dem Eisen allein zu. Ihrem Grundgedanken nach ist sie nicht neu; sie teilt den Raum in Quadrate ein, die sie mit Kuppeln überwölbt. Es gibt eine oberitalienische Zentralkirche, deren Grundriß — natürlich bei ganz anderen Abmessungen — dem dieses Lesesaales sogar fast gleicht: *Sa. Maria dei Miracoli in Brescia.* (Abb. 52.) Allein gerade diese, Labrouste übrigens zweifellos unbekannte Verwandtschaft zeigt auch, mit wieviel reicheren künstlerischen Mitteln und wieviel größerem Aufwand an Masse der Steinbau auf Grund vielhundertjähriger Überlieferung solche Aufgaben löst. Die Kuppeln sind auf die vier Kreuzarme beschränkt, die übrigen Traveen mit Tonnengewölben überdeckt; sie sind ferner paarweise ungleich groß, und zwischen ihre Tragepfeiler spannen sich Querarkaden mit Kandelabersäulen in der Mitte. Das war in Brescia konstruktiver Zwang und wurde ein künstlerischer Reiz von köstlicher Mannigfaltigkeit der Stützenformen, Durchblicke, Beleuchtungsarten. Dem gegenüber ist der Pariser Lesesaal einfach und einförmig. Seine Hallenteilung bleibt dies selbst auch gegenüber der Gotik, an deren Gewölberippen besonders die von den freistehenden Mittelsäulen aufsteigenden vier Tragebögen so unmittelbar erinnern. Man denke an den Conventsremter der Marienburg! Und doch bedeutet er einen neuen Raumwert. Die Pfeiler schrumpfen zu stangenartiger Schlankheit zusammen und strecken sich zu einer im Verhältnis zum Durchmesser — 30 cm — unerhörten Höhe — 10 m! Folgerichtig ist ihrem Sockel nicht die für Säulen- oder Pfeilerbasen übliche Gestalt gegeben, sondern ein sehr hoher, schlanker Anlauf, dessen Profil etwa dem der Flaggenstangen-

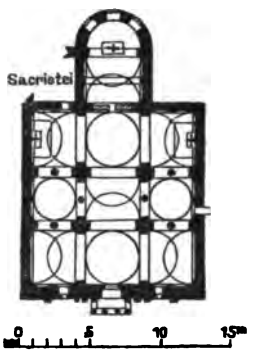


Abb. 52. Grundriß von Sa. Maria dei Miracoli in Brescia.

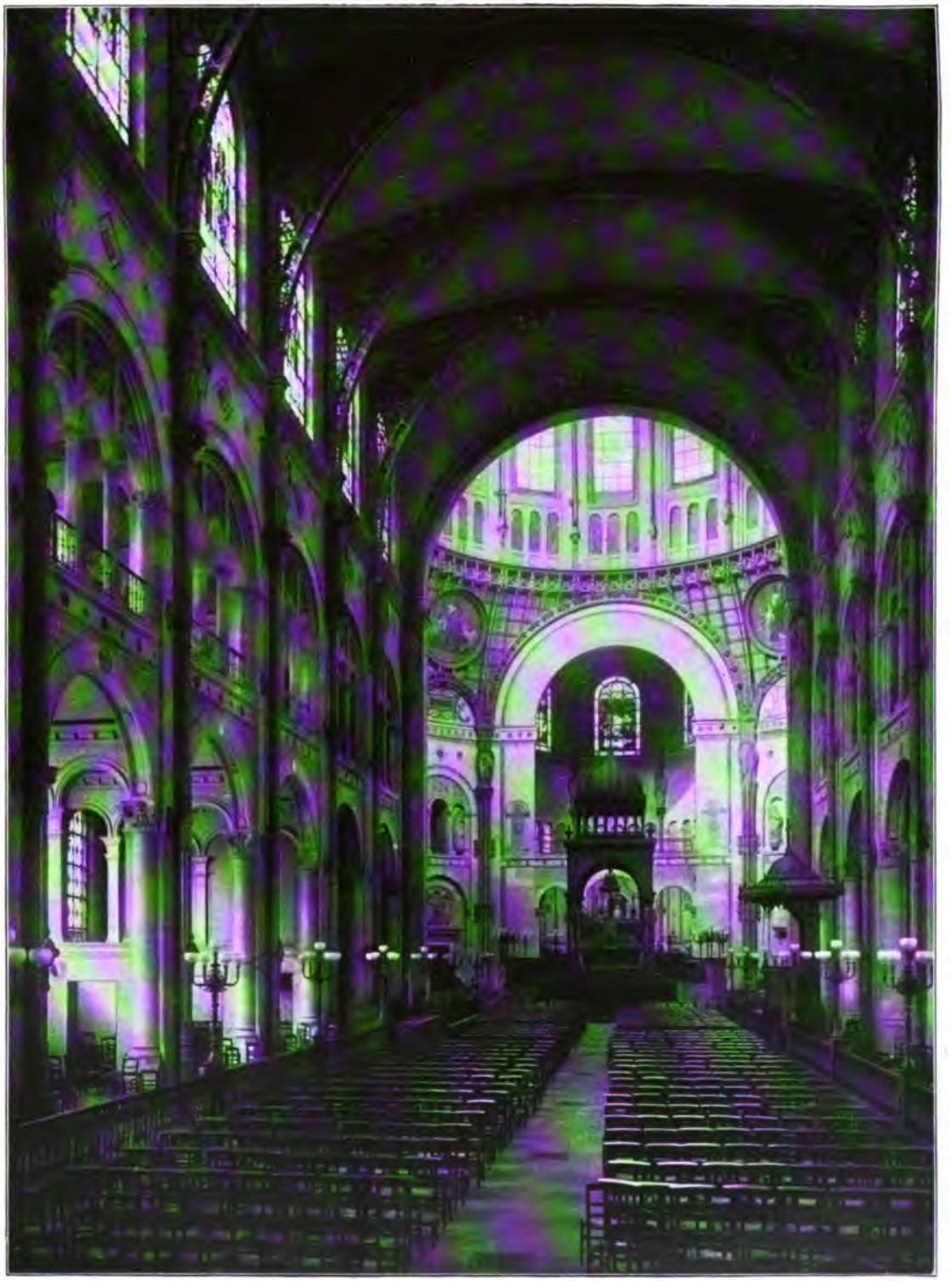
[1] Der Durchmesser beträgt 4 m.

sockel von Venedigs Markuskirche nahe kommt. Vollends als Träger der Kuppeln sind sie von wundersamer Feinheit, »schlank und leicht«. Und der ganze Raum wird trotz der viellinigen und vielflächigen Decke durchsichtig, luftig und frei.

In der kühnsten Gotik sieht man die Kräfte bei ihrer Arbeit — hier scheinen sie zu spielen und lösen doch eine sehr beträchtliche statische Aufgabe, auch im Sinne der Ästhetik, mit unübertrefflicher Sicherheit. Dieser Lesesaal der Pariser Nationalbibliothek ist das erste künstlerische Denkmal jenes neuen Sieges über die Schwere, den nur das Eisen zu erringen vermag.

Der Bau war 1861 vollendet — zehn Jahre nach dem Londoner Kristallpalast! Neben dem Saal von St. Geneviève steht er innerhalb der historischen Stilkunst dem befangeneren deutschen Klassizismus stilgeschichtlich bedeutungsvoll gegenüber. Sein Schöpfer war ein Künstler. Aber auch Labrouste ging von der Antike aus. Er gehört in den Kreis der Klassizisten, welche wie Duban, Duc und Vaudoyer die Überlieferung eines Percier und Fontaine in die Tage Louis Philipps hinüberführen; die maßgebenden Eindrücke hatte er in Rom und Sicilien empfangen. Sein Klassizismus blieb, wo er mit dem hergebrachten Baumaterial zu schalten hatte, ganz ohne den sachlichen Reichtum, den Percier ihm zu entnehmen wußte, und vollends ganz ohne die tiefe Schönheit, die Schinkel ihm verlieh: vornehm, aber nüchtern. Das zeigt auch das Äußere von St. Geneviève, wo Labrouste in der Enthaltsamkeit von Schmuckformen selbst noch weiter geht, als Soufflot an den Mauern seines Pantheons. Im Innern aber wird dieser korrekte, echt französische Klassizistenschritt plötzlich leicht und kühn, um dann im Lesesaal der Nationalbibliothek — das Äußere gehört dort im wesentlichen dem alten Mazarin-Palast an — den freiesten Flug zu wagen. Bei Labrouste hat das Eisen diese selbständige Kraft überhaupt erst ausgelöst und beflügelt.

Das nächste Architekten-Geschlecht, an dessen Spitze *Viollet-le-Duc und Lassus* stehen, empfand die Macht mittelalterlicher Tradition romantisch als Allmacht. Man sollte glauben, dies habe dem Eisen in der Architektur den Boden entzogen. Allein das ist irrig. Die konstruktiven Vorzüge des Eisens waren bereits zu überzeugend, und gerade die Gotik lehrte wie kein anderer Stil, daß man solche Hilfe nicht unbenutzt lassen dürfe. Viollet-le-Duc selbst war durch seine persönliche Begabung für diese Lehre besonders empfänglich, die Hauptschöpfungen mittelalterlicher Kirchengotik, aus denen er für sein eigenes Wirken immer neue Kraft zog, vor allem die Notre-Dame-Kirche und die Sainte-Chapelle in Paris, zeigten die Gotik in einem Entwickelungsstadium, in dem sich die Eisenstütze ihrer älteren, steinernen Schwester fast wie ein Zwillingsgeschöpf gesellen konnte. Man sehe im Innern der Pariser Kathedrale die Dienste der Mittelschiffpfeiler und vollends die Arkadensäulchen der Emporen! Das ist bereits die Schlankheit eiserner Röhren. So ließ denn auch Viollet-le-Duc bei dem schlanken Spitzturm, durch den er den 1787 von einem kupfernen »Topfdeckel« (Victor Hugo) verdrängten Glockenturm der Vierung erneute, konstruktiv das Schmiedeeisen, dekorativ das Gußeisen klar und weithin vernehmlich sprechen — freilich durchaus im Dialekt der mittelalterlichen Gotik. Eine eigene Sprache erkannte er dem Eisen prinzipiell nicht zu. — Das mochten die Kirchenbaumeister überhaupt nicht. Sie verwandten das Eisen neben dem Stein, in gleichen Formen. Am einfachsten war es, den gotischen Steinpfeiler durch einen gußeisernen



Inneres der Kirche St. Augustin in Paris

zu ersetzen, wie es 1865 *Boeswilwald* in seiner hübschen Dorfkirche in *Masny* bei *Douai* mit bestem Erfolg tat.[1]

Er gibt dort seinen Backsteinbögen der Seitenschiffe stämmige, gußeiserne Säulen,[2] die er mit den Außenmauern offen durch starke, schmiedeiserne Doppel-T-Träger verankert und unter den großen Arkaden des Mittelschiffes — sie tragen nur eine Flachdecke — nach Art des gotischen Bündelpfeilers verdreifacht (Abb. 53).

Was hier in einer winzigen Landkirche bescheiden versucht ist, wird etwa gleichzeitig in der Hauptstadt bei einem großartigen Kirchenbau zum herrschenden Architektursystem erhoben. Dieses Wagnis ist der Ruhm *Victor Baltard's*, der damit ebenbürtig neben Labrouste tritt. Seine Kirche *St. Augustin* ist in ihrem Äußeren in der Mischung wuchtiger Hauptformen mit zierlicher französischer und oberitalienischer Renaissance kein sonderlich glückliches Werk und die Raumgestaltung des Inneren an sich nicht originell. Aber das Eisen spielt darin quantitativ eine bedeutendere Rolle, als in irgend einem anderen der hier genannten Bauwerke, und sie ist mit großem Wagemut und bestem Erfolg zur Geltung gebracht (Tafel XI). Die weiten, luftigen Hallen und ihre Emporen spannen sich zwischen ein Eisengerüst, das völlig sichtbar und überall architektonisch durchgebildet ist. Wieder bestehen die Bündelpfeiler aus riesigen Eisenröhren, die mit den Mauern durch Eisenbänder verbunden sind. Sie nehmen in imponierender Höhe die Bogenbinder des Mittelschiffes auf und stützen besonders an der Vierung ein vielteiliges, aber seinem Organismus nach übersichtliches Eisenrippen-System, das die Funktion der Kuppelpendentifs auch für das Auge zuverlässig übernimmt. Das Mauerwerk ist dort oben nur Füllung, und an den Seitenwänden der Schiffe, wo es zwischen den schlanken Eisenpfeilern selbständig bleibt, ist es mit gotischem Empfinden so luftig aufgelöst, daß es sich dem Gerüststil des Eisens völlig harmonisch einstimmt. Dazu auch hier überall Kunst- und Dekorationsformen: in den Bogenbindern feine vergoldete Ranken, über den ebenfalls vergoldeten Eisenpfeilern sogar polychrome Engelstatuen, die trotz ihrer »eisernen« Umgebung durchaus am rechten Platz sind; im ganzen Raum ein feiner, vornehmer Farbton, gestimmt auf das Grau der Steinmauern und das Gold der Eisenteile. Hier hat die Eisenarchitektur ihre schwerste Probe bestanden: ihr Verhältnis zur Feierlichkeit eines Kirchenraumes. Das ist umsomehr anerkennenswert, als Baltard vor allem ein praktischer Konstrukteur war, wie er denn in seinen später zu behandelnden *Halles centrales* in Paris einen der wichtigsten Typen der

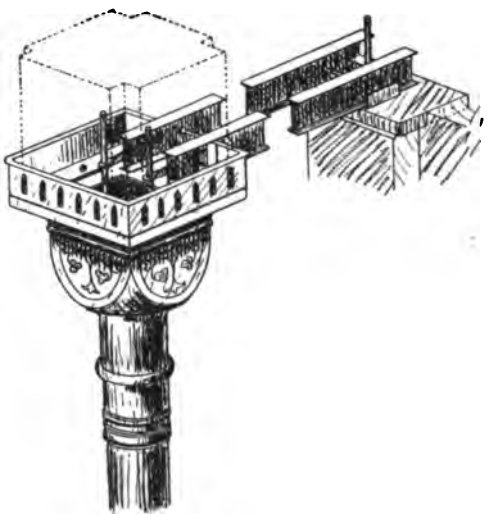


Abb. 53. Säulenkapitäl aus der Dorfkirche in Masny.

[1] Vergl. Vierendeel a. a. O. Pl. 21, Text 108 ff.

[2] Die Schäfte haben 22 cm Durchmesser.

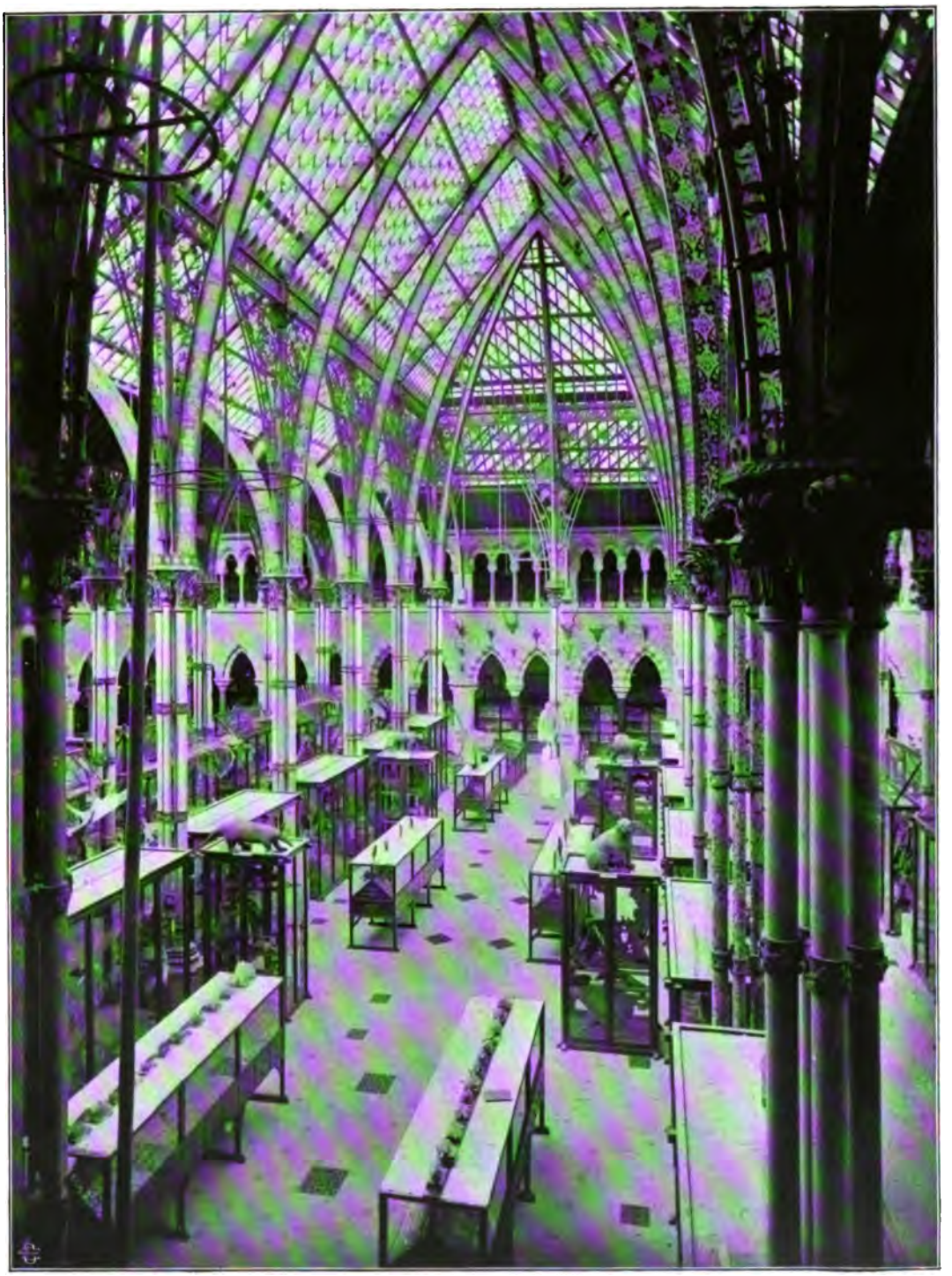
»Hallen-Complexe« für einen lediglich praktischen und nur mit konstruktiven Rohformen erreichten Zweck schuf.

Man hat die Empfindung, daß in allen diesen Pariser Bauten ein innerer Gegensatz zum Klassizismus wirkt, und daß sie wenigstens für das Raumgefühl vom Geist der bodenwüchsigen Gotik belebt sind: vom Geist, nicht von der Form! Wo sich hier Anklänge an diese finden, sind sie aus der Gleichartigkeit der Konstruktionsgedanken organisch entstanden, nicht aber aus der Gotik auf die Eisenkonstruktion übertragen. Das ist der Unterschied, der diese »Stilkunst« der französischen Eisenarchitektur von anderen Werken verwandter stilgeschichtlicher Gattung trennt. Die letztere sei nur noch durch ein einziges Beispiel gekennzeichnet, das *England* angehört. Es führt von dem kirchlichen Kreis wieder zu dem wissenschaftlicher Arbeit und weiter zu dem der »Ausstellungsräume« — freilich der bleibenden monumentalen — zurück: es ist die fünfschiffige Halle der Naturwissenschaftlichen Sammlung im *„New-Museum"* in *Oxford* (Tafel XII). Das Gebäude ist 1857—60 von *Deane* und *Woodward* im frühgotischen Stil errichtet; die Halle umgeben spitzbogige Arkadengalerien.[1] Auch ihr Stützengerüst soll sich der Gotik anpassen. Die Pfeiler bestehen aus Eisenröhren. Bis zur Höhe der Emporengalerie sind sie zu je fünfen nach Art eines gotischen Bündelpfeilers vereint und tragen dort mit zierlichen metallenen Pflanzenkapitälen scheinbar hauptsächlich die stegartigen Querbögen, die im Mittelschiff lanzettförmig schlank sind, in den Seitenschiffen aber nur bis zur Schräge der stark abfallenden Dachsparren aufragen. Tatsächlich dient dieses Bogengerüst nur als Stütze des glasgedeckten Satteldaches, dessen Hauptlast von der über die Kapitäle hinaus verlängerten Mittelröhre der Pfeiler aufgenommen wird. Das geschieht mittels eines als Pfette durchgehenden Längsträgers, und dieser ruht scheinbar auf stangenartig dünnen, als Längsgurte von Pfeiler zu Pfeiler reichenden Spitzbögen. So läßt dieses Eisengerüst in den konstruktiven Organismus eines Dachstuhles Motive gotischer Gewölbebögen hineinspielen. Die Dekoration, die dabei überall Pflanzengebilde verwertet, ist ungemein zierlich, aber baulich hat das ganze den Wert mehr eines graziösen Einfalles als eines zukunftvollen Gedankens.

Dieser kann stets nur aus dem Geist der neuen Konstruktionen selbst herauswachsen. Daß er sich dabei zugleich auch dem dekorativen Geist der großen geschichtlichen Baustile unmittelbar anpaßt, ist kaum anzunehmen. Die Schöpfer der genannten Eisenbauten aber bekannten sich der Mehrzahl nach zum Klassizismus, beziehungsweise zum Historismus. Sie waren vorwiegend am Steinbau geschult. Das bestimmt die Schranken ihrer Eisenbauten. Freilich auch ihre Vorzüge: es soll unvergessen bleiben, daß am Anfang der Eisenarchitektur die künstlerische Gesinnung stand.

Die Fortschritte des Eisenbaues selbst ließen diese dann hinter sich zurück; sein Ziel wurde die rationelle Großkonstruktion. Was sie an künstlerischem Reiz besaß, wurde auch ohne künstlerischen Willen zu einer fortzeugenden Kraft. Das erkennt man an den Großkonstruktionen selbst; insbesondere, wenn man sie als Raumwerte auffaßt. In der Geschichte der Halle stehen die Riesenbauten des Londoner Kristall-Palastes von 1851 und das Pariser Palais des machines von 1889 an

[1] Von A. B. Meyer, Europäische Museen etc., S. 13/14, aber doch wohl zu ungünstig beurteilt.



Fünfschiffige Halle im New Museum in Oxford

zwei Grenzpunkten neuer Entwicklung. Beide sind Langhausbauten, aber während es sich im Kristallpalast um einen vielteiligen Hallenkomplex nach basilikalem Schema handelt, darf die Pariser Halle als ungeteilter Einraum gelten. Dort rechteckige Massen, die sich hart aneinander schieben und zu ungeheuren Stufen auftürmen, nur oben über den Hauptschiffen von Tonnengewölben überragt — hier der ganze Raum ein einziges Gewölbe, dessen Leitlinie die Kurve eines flachen Spitzbogens bildet; dort Raum-Umhegung, die nach allen Seiten gleichartig wirkt — hier ein scharfes Herausarbeiten des Langhauscharakters mit Schmalfronten und Langseiten, dort Herrschaft der Geraden, hier Herrschaft der Kurve; dort der Rundbogen, hier der Spitzbogen.

Schon zwischen diesen beiden Großkonstruktionen also liegt ein gewaltiger Weg. Für den Typus der Halle als Einraum bedeutet er den Weg von rudimentärer zu verfeinerter Form.

Die Zwischenstufen aber sind naturgemäß Bauten von kleineren Abmessungen. Auch bei ihnen herrscht das rein Konstruktive unbedingt vor, sowohl persönlich, in der Absicht ihrer Meister, wie sachlich, in ihrer Erscheinung. Dadurch unterscheiden sich diese Bauten von denen, die im vorangehenden Abschnitt behandelt sind. Aber innerhalb dieser prinzipiellen Grenzen zeigen die Eisenhallen, insbesondere als *Raumgebilde*, von ihrem ersten großen Londoner Erfolg bis zur Gegenwart bereits eine erstaunliche Mannigfaltigkeit. Werk auf Werk lehrt, wie anpassungsfähig und dehnbar die neuen Konstruktionen den räumlichen Anforderungen gegenüber sind. Die Stilgeschichte bezeichnet dies als »Differenzierung« und sieht darin mit Recht einen Träger der künstlerischen Kraft.

Allein bei den meisten großen Eisenbauten, die in erster Reihe *konstruktive* Leistungen sein wollen und sind, äußert sich diese Kraft noch ungefügig. Ihre Riesenglieder sind ungelenk — das Künstlerische in ihrer Bewegung muß man erst suchen. Werke, die schon dem ersten Blick als architektonische Kunstwerke erscheinen, bleiben unter ihnen noch Ausnahmen. Das erklärt sich auch aus ihrer Zweckbestimmung, denn weitaus die meisten von ihnen sind ausschließlich Nutzbauten.

An dieser Stelle aber sieht sich unsere Betrachtung keineswegs nur an die konstruktiv und meist zugleich auch durch ihren Maßstab hervorragenden Bauten gebunden. Dem neuen Geist der Großkonstruktion als solcher ist im ersten Abschnitt sein Recht geworden. Nun lautet die Frage: »Vermag man seinen bisher allein beachteten rationellsten, aber kunstlosen Ausdrucksformen schon heut *Kunstformen* des reinen Eisenbaues gegenüberzustellen, die dessen Wesen ebenfalls angemessen sind und zugleich einen starken künstlerischen Reiz besitzen, die also auch als »architektonische« Lösungsmöglichkeiten für Großkonstruktionen gelten können?

Diese Frage ist zu bejahen. Sie enthält freilich schon in sich selbst die Erlaubnis, bei ihrer Beantwortung Kleines auf Großes zu übertragen und gelegentlich sogar auch dem Zwecke nach völlig verschiedene Baugattungen mit einander zu vertauschen. Entspricht solches Vorgehen doch gerade jener Art von Schönheit, die hier im Vordergrund steht! Beispielsweise ist die Eleganz der Umrisse, die heut für unsere großen Ozeandampfer angestrebt wird, nicht in deren eigenen Vorfahren vorbereitet, sondern in den kleinen Segeljachten und Dampfpinassen.

Die Elemente eines neuen Stiles treten eben stets zunächst regellos auf, unter zufälligen Bedingungen, auf verschiedenem Boden, in verschiedener Ausdehnung und bei verschiedenen Aufgaben. Vollends das entscheidende Ereignis, das alle diese zerstreuten Kräfte machtvoll vereint und sie plötzlich als ein einheitliches, neues Ganzes vor Augen stellt, bleibt außerhalb aller methodischen Betrachtung: es ist die geniale künstlerische Tat.

2. Eisen-Glas-Hallen.

Nicht um die Sprache der Schmuckform, um Dekoration und Ornamentik, handelt es sich hier — ihnen ist das folgende Kapitel gewidmet — sondern um künstlerische Baugedanken, insbesondere um die Raumgestaltung. Das Neue, was ihr die Eisenkonstruktion brachte, kam vor allem der Raum-Überdeckung zu gute. Die dadurch bestimmte monumentale Bauform ist die »Halle«.

»*Anfänge neuer Hallen-Architektur*« — so dürfte die Überschrift über diesem Abschnitt lauten. Er will aber keineswegs etwa eine vollständige baugeschichtliche Übersicht geben. Es gilt vielmehr, einzelne den obigen Gesichtspunkten entsprechende Bauten als *typische Beispiele* herauszuheben. Am ehesten bieten sich dabei wiederum die Glashallen dar. Sie bilden im Bauwesen der Gegenwart allerdings nur eine Sondergruppe, die keineswegs im Vordergrund der architektonischen Gesamtleistung steht, allein sie bringen das Wesen des Eisenbaues, wie in seiner konstruktiven, so auch in seiner künstlerischen Eigenart am reinsten zum Ausdruck. So besonders die Sprache der Eisen-*Linien*. Und was für diese als Gerüst der Glasflächen gilt, hat auch bei undurchsichtigen Wandungen im Sinne des Fachwerks analoge Geltung. So werden sie also auch zu Typen neuer *Raumgebilde*. Nach Maßen wie nach Zwecken sind dieselben grundverschieden. Quantitativ überwiegen die Bahnhofshallen, aber am unmittelbarsten gehören die Bauten der gleichen Gattung hierher, die jene beiden wichtigsten Großkonstruktionen schuf: die Ausstellungsbauten und die Gewächshäuser. Nicht auf Zweck und Größe jedoch, und überhaupt nicht auf die einzelnen Werke als solche kommt es hier an, sondern auf das ihnen für die Zukunft abzuleitende stilistische Gesamtergebnis prinzipieller Art, soweit es die Geschichte der Raumgestaltung bereichert.

Drei Raumformen sind es, die in den vierzig Jahren 1860—1900 im Eisenhallenbau nebeneinander zur Ausbildung gelangten: die *Längshalle*, ungeteilt und geteilt, die *Centralhalle*, und der aus beiden zusammengesetze *Hallen-Kuppel-Complex*. Bei allen diesen Raumtypen wirkt mitgestaltend die neue, durch das Glas geschaffene Art des Hellraumes.

A. Längshallen.

Das ungeteilte Langhaus entspricht den wirtschaftlichen Bedürfnissen als Arbeitsstätte und denen des Verkehrs als Bahnhof am besten, verhält sich dagegen den künstlerischen Bestrebungen gegenüber am sprödesten. Das geradlinige Satteldach scheidet hier für unsere Zwecke ganz aus; Träger der stilistischen Entwicklung wird das Bogendach, und zwar weniger in der Fachwerkkonstruktion der Binder, die dann auf zwei Stützpunkten aufruhen und ihren Bogenumriß nur durch

die meist sichelartig flachen Conturen des Unter- oder des Obergurtes erhalten, als in der dem Eisen eigentümlichen Gelenkkonstruktion, als *Bogen-Fachwerk-Dach* mit meist drei Gelenken, wie sie in Deutschland besonders *J. W. Schwedler* ausgebildet hat.[1] Hier wie dort fehlt das Strebesystem: das Gerüst des Innenraumes, das höchstens von den Zugbändern durchschnitten wird, bleibt auch außen ohne Ansätze, der Rauminhalt gibt unverändert auch die Bauform. Das hatte in großartigster Weise bereits der Londoner Kristallpalast getan. Die Übertragung dieses Systems auf die *einschiffige* Halle aber, wie sie insbesondere bei einer Reihe von Bahnhofshallen aller Kulturländer in schneller Folge geschah, brachte im Gesamtumriß, dieser Hallenbauten nun immer entschlossener den Bogen allein zur Herrschaft und zwar den Spitzbogen. Bei den meisten und gerade auch bei den größten

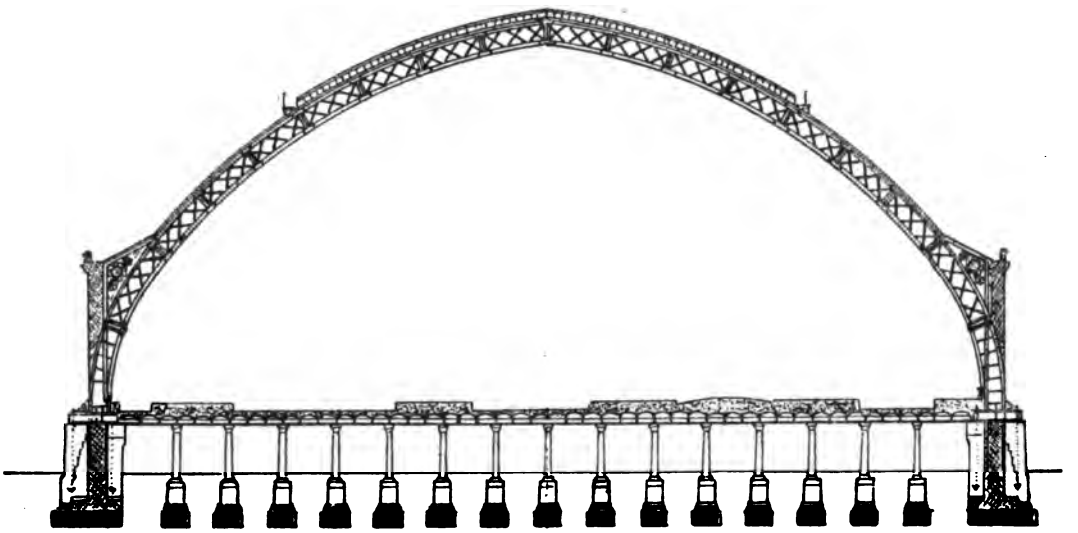


Abb. 54. Spitzbogenhalle der St. Pancras-Station in London.

Hallen wird der Lagerpunkt der Bogenbinder dabei nicht von Mauern oder Unterzügen getragen, sondern ruht in den Fundamenten selbst. Das erste Beispiel dafür, zugleich eine der großartigsten und kühnsten Hallenkonstruktionen der ganzen Zeit, ist die 1866—68 von *Barlow* und *Ordish* erbaute Spitzbogenhalle der *St. Pancras-Station* in *London* mit einer Breite von über 73 m bei einer Höhe von 31 m, 224 m lang: (Abb. 54) als Einraum bis heute die größte aller Bahnhofshallen und ein viel benutztes Muster. Dort reicht der Bogen also bis zum Boden herab; er saugt die Seitenwände gleichsam auf. Dieses in der Geschichte der Raumgestaltung neue Bild erhält stilistische Mannigfaltigkeit durch die Proportionen und durch die

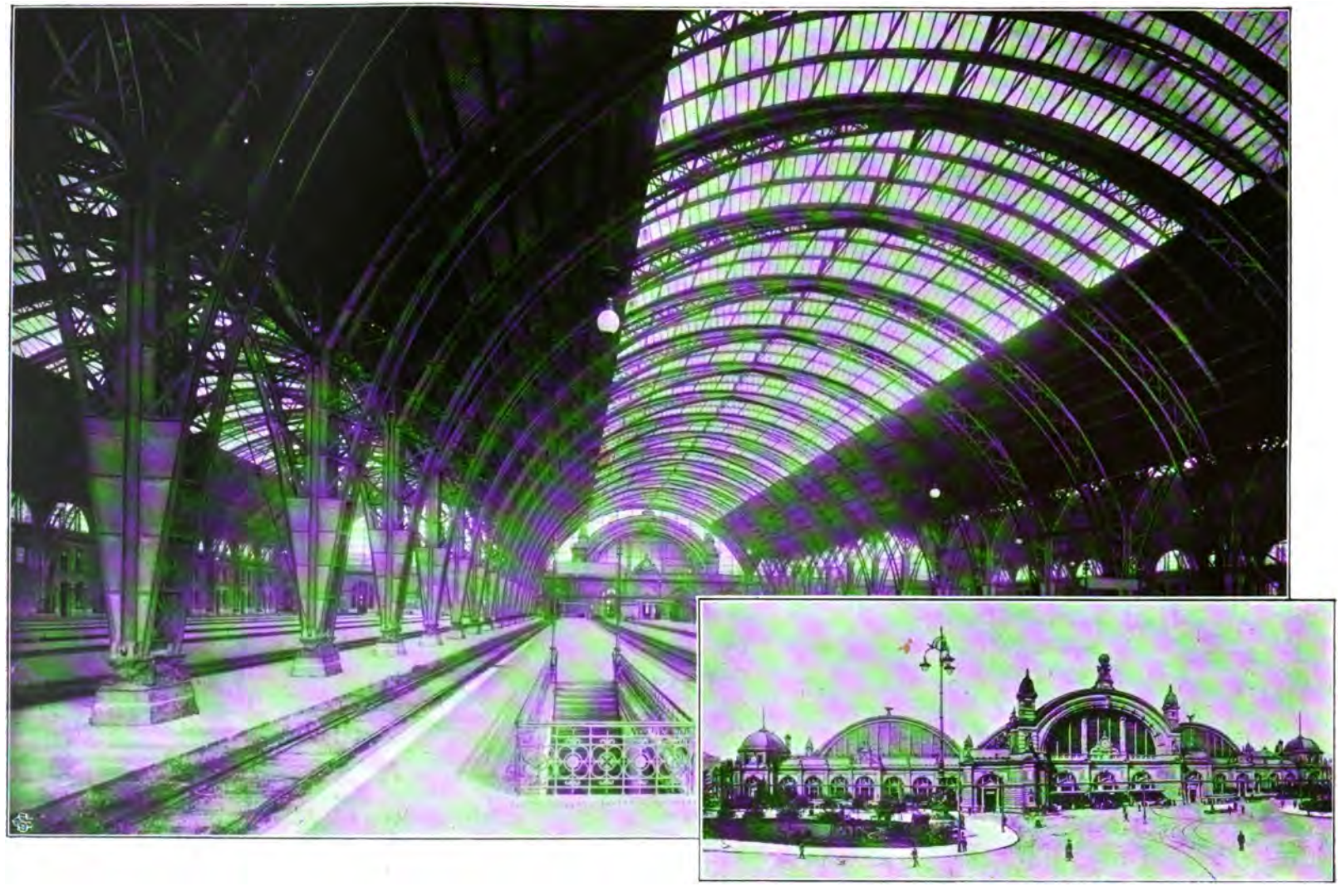
[1] Schwedlers älteste Konstruktion (1863) dieser Art ist das Dach eines Retortenhauses der Berliner Gasanstalt in der Holzmarkt-Straße, mit etwa 33 m Spannweite. Dort setzen die Bogen mit Gelenken auf niedrige, in die Außenmauern eingebaute Strebepfeiler auf. Ein mustergiltiges Hauptwerk, die 37,66 m weite Halle des Berliner Ost-Bahnhofes (1866/67), mit flachen Spitzbogen in reiner Dreigelenk-Konstruktion. Etwa gleichzeitig (1866) erhielt London die Riesenhalle seines St. Pancras-Bahnhofes. — Zuvor die kleineren Hallen der Paddington-Station mit massiven Bogenträgern. Ähnliche an den älteren Bahnhöfen in Antwerpen, Lüttich.

Führung der Bogenlinie. Nicht ohne Staunen wird man erkennen, wie ungemein verschieden hierdurch diese Raumwirkungen selbst bei Rohkonstruktionen schon jetzt sind.[1] Die gemeinsame Tendenz geht dabei zweifellos nicht auf die Höhe, sondern auf die Breite und Weite: stilgeschichtlich eine Gegenbewegung zur Gotik. Am Ende stehen bislang die *Pariser Maschinenhalle* und die der *Columbischen* Weltausstellung. Sie sind die gewaltigsten *Einräume*, in dieser Bedeutung unter den Ausstellungshallen die riesenhaften Gegenstücke des St. Pancras-Bahnhofes. Von den ungeteilten Bahnhofshallen ist die mächtigste nächst dem Pancras-Bahnhof die des *Kölner-Central-Bahnhofes* (1890—92) mit einer sehr flachen Spitzbogenhalle von 62,5 m Stützweite. Auch da liegt das Neue der Wirkung nur in der Weite und in der Bogenlinie an sich.

Schon heut aber hat lediglich die *Vervielfältigung* dieser Bogenhallen natürlich bei geringeren absoluten Massen, aber bei der Wahrung gleicher Proportionen der aneinandergereihten Schiffe selbst auch einem alteingebürgerten Raumtypus der Kirchenarchitektur neue Bedeutung gegeben: dem der *Hallenkirche*. Der gleichförmige Rhythmus der parallelen Bogenhallen erhält durch die Eisenbinder nun einen neuen Raum- und Linien-Wert. Das Eisengerippe dieses in gleichartige Schiffe gegliederten Hallenraumes setzt seine Füße spitz auf den Boden selbst auf, wie es am gewaltigsten die Pariser Halle zeigt, nun aber geschieht dies in den Trennungslinien der Schiffe von je *zwei* Hallen aus. Deren gekuppelte Binder treten von links und von rechts her zusammen, sie wachsen zu einem einzigen Körper aneinander, der vom Fußpunkt an seine Bogenlinien aufwärts sendet und nach beiden Seiten hin fächerartig auseinander breitet, wie es einst oberhalb der gotischen Pfeiler in den Gewölberippen geschah — dort auch in den Diagonal- und Längs-Rippen, also nach allen Seiten hin; hier nur in der Querrichtung. Das wirkt am mächtigsten naturgemäß bei großen und möglichst gleichen Dimensionen. Das bedeutendste Werk dieser Art ist der *Central-Bahnhof in Frankfurt a. M.* mit seinen drei Hallen von 56 m Spannweite. (Tafel XIII.) Die überhöhten Kreisbögen der Binder schießen dort fast von den Fußgelenken an in ungebrochenem Linienzug empor, und ihre Gurtungen gleiten dabei immer enger zusammen, um sich am Scheitel nur in einem Punkt zu berühren. Dieses ganze Liniengerüst von höchster statischer Energie wird auch nicht einmal wesentlich beschattet, denn die Wellblech-Eindeckung beginnt erst in beträchtlicher Höhe über dem Boden und nimmt nur eine schmale Fläche ein; sie wirkt gleichsam nur als Zwickelfüllung der Doppelbinder; die eigentliche Dachfläche aber — 4 : 7 der Grundfläche — bleibt in einer Breite von 31,5 m helles Oberlicht.

Diese Frankfurter Tripelhalle, das Meisterstück *Eggerts*, zeigt, welche Raumgestaltung und Raumgliederung sich schon durch bloßes Aneinanderreihen des im Pariser Palais des machines gegebenen Hallentypus erreichen läßt. Wenn man diesen für sich allein nur als Leistung der Großkonstruktion anerkennen will: daß

[1] Von neueren ungeteilten Bahnhofshallen seien genannt: die des Lehrter Bahnhofes in Berlin, 1870/71, 42 m Breite, Binder an den Seitenmauern auf Konsolen; Centralbahnhof in Liverpool, 1872/73, 50 m; St. Enoch-Bahnhof in Glasgow, 1875/76, 60,35 m, nach dem Muster der St. Pancras-Station in London; Anhalter Bahnhof in Berlin, 1878 von Schwechten erbaut, 62,5 m; ferner die Bahnhofshallen der Berliner Stadt- und Ringbahn: Schlesischer Bahnhof, Alexander-Platz, Friedrich-Straße.



Centralbahnhof in Frankfurt am Main

Halle des Altstädter Hauptbahnhofs in Dresden

er in Bauten wie der Frankfurter Bahnhof eine in jedem Sinne vollgiltige architektonische Wirkung ausübt, wird sicherlich niemand bestreiten.

Dort sind die drei Hallen gleichwertig, nach Art der Hallenkirchen. Am *Altstädter Haupt-Bahnhof in Dresden* behält die Mittelhalle mit 59 m Spannweite das Übergewicht über die nur 32 bezw. 30.75 m breiten Parallelhallen.[1] (Tafel XIV.) Das Breitenverhältnis ähnelt also dem im *basilikalen* Kirchenschema, wie es im Langhausbau der Stein- und Holz-Architektur von jeher herrscht. Dabei wird die Mitte ausgezeichnet; die Seitenhallen sind ihr symmetrisch untergeordnet: zweischiffige Kirchen sind Ausnahmen, ungleiche Breiten der Nebenschiffe nur etwa die Folgen verschiedener Bauperioden.

Die Grundregel der Symmetrie tritt bei den Bahnhofshallen an Bedeutung stark zurück. Man pflegt wohl eine der Hallen als Haupthalle zu bemessen, aber ihre Begleiterinnen sind keineswegs meist paarweise gleich, wie etwa in Dresden; sie sind nicht einmal stets paarweise vorhanden. Das künstlerisch bislang vollendetste Beispiel der ganzen Gattung, der *Gare d' Orléans in Paris*, hat sogar nur zwei ungleiche Parallelschiffe.

Diese Erscheinung erklärt sich zunächst aus dem Wesen solcher Eisenhallen selbst, wie es schon gelegentlich des Kristallpalastes angedeutet wurde: sie sind in erster Reihe *Raumüberdeckungen*, nach Art des Zeltes. Auch in diesem Sinne haben die Außenwände geringere Bedeutung, sie können je nach Bedürfnis hinausgeschoben werden. Für den Beschauer, der in ihrem Inneren steht, wird es überhaupt schwer, den Umfang der einzelnen Hallen sofort genauer abzuschätzen und ästhetisch abzuwägen. Das folgt, den Kirchenhallen gegenüber, aus der Herrschaft der Breite. Unter diesen Gesichtspunkten stehen die mehrschiffigen, unsymmetrischen Bahnhofshallen mit ihrer naturgemäß ausschließlichen Längsrichtung ästhetisch nicht höher, als etwa die Markthallen. Es fehlt ihrem Raumgebilde als Ganzem die plastische Geschlossenheit.

Das einzige, uralte Mittel der Architektur, das sie dazu zu machen vermag, ist die Einfügung eines konzentrierenden Bauteiles, der bei den Bahnhofshallen eben nur in einem mächtigen Hauptschiff bestehen kann, doch würde dessen architektonischer Wert als Dominante dann entweder so stark betont, daß alle Begleithallen nur als Nebenräume erscheinen, oder er würde durch die verwandte Breite der Parallelhallen aufgehoben.

An dieser Stelle der pragmatischen Betrachtung bietet sich dem vorwärts schauenden Blick als Keim der neuen Hallenarchitektur, soweit sie lediglich *Langhausbau ohne Zentralisierung* bleibt, ein winziges Gebäudepaar der gleichen Gattung dar, die schon für jenen ersten gewaltigsten Schritt der Eisen-Glas-Konstruktion wichtig ward: der Gewächshäuser. Am Ufer der Seine erheben sich in *Paris* nahe der *Invaliden-Brücke* seit der Weltausstellung 1900 zwei kleine, von Türmchen flankierte *Glashallen*, Werke des Architekten *Gautier*. (Abb. 55.) Sie waren zunächst nur als Gelegenheitsbauten der Ausstellung für die Erzeugnisse der Garten- und der Obstbaumzucht errrichtet. Unten rings voller Blumen und Früchte, in köstlichster

[1] Der Perronboden dieser Seitenhalle liegt höher als der ihre, wodurch zwischen den Doppelbindern unten ebenso hohe, vollwandige Mauern entstehen. An Durchsichtigkeit kommt das dortige Pfeilergerüst dem Frankfurter also nicht gleich.

Farben- und Formenpracht, oben am Ansatz der Bögen über den Pfeilern mit Blattpflanzen geziert — so bot das Innere dieser Hallen zur Ausstellungszeit einen unvergeßlichen Anblick voll graziöser Schönheit. Auch das noch heut unveränderte Äußere bereitete darauf vor. Eine mäßig lange, spitzbogige Halle, etwa doppelt so hoch als breit, von jenem feinen Profil, das der Orient geschaffen und insbesondere bei den Torbogen der Moscheen verwendete. Hier bleibt die alte Scheidung zwischen Wand und gewölbter Decke. Aus den Längswänden treten in halber Höhe je sieben Halbkreis-Nischen mit entsprechendem Kugelabschluß heraus; dazu vier, unten pfeilerartige, oben vielgliederige, bekrönte Türmchen neben dem Eingangs- und Ausgangsbogen, nicht viel höher als diese. Das ist ein sehr einfaches Raumgebilde der Hallenarchitektur. Sein Schema bietet die kirchliche Baukunst in der einschiffigen Gewölbekirche mit Seitenkapellen; die stilgeschichtliche Blütezeit da-

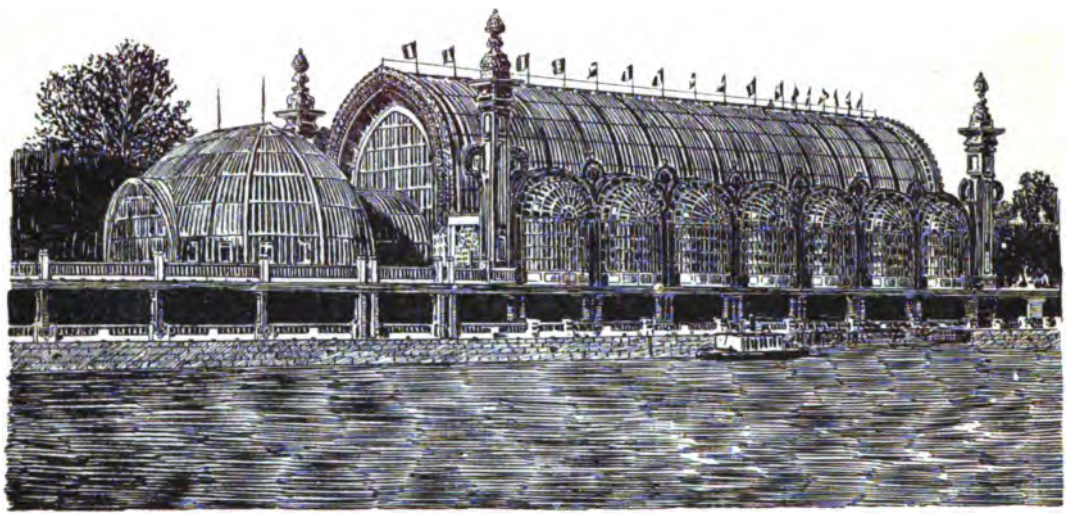


Abb. 55. Glashalle nahe der Invalidenbrücke in Paris.

für bezeichnen die Jesuitenkirchen des Barock. Allein schon die Proportionen sind völlig neu. Und das Ganze ist ein Glashaus mit einem Eisengerüst, dessen Stäbe beim Gesamteindruck tatsächlich nur zu feinen Rahmen- und Teilungslinien werden. An den Hauptteilen setzt dabei hölzernes, grün angestrichenes Lattenwerk die Sprache der konstruktiv notwendigen Eisenlinien in rein ornamentalem Spiel fort. Die gewölbten Glasflächen haben einen bläulichen Schimmer. Innen ist alles schattenlose Helle. Die Fachwerkbinder der Haupthalle steigen bis zur Kämpferlinie der als Halbtonnen anschließenden Seitennischen vertikal auf; die Horizontalträger dieser gläsernen Tonnengewölbe sind von zierlichen Gittern begleitet, und diese werden, von geschweiften Konsolen gestützt, um die Bogenbinder der Haupthalle herumgeführt. So entsteht dort an jedem Kämpferansatz der Seitennischen ein umgittertes Blumenbrett, das den Pfeilern gleichsam als Kapitäl dient. In ihrem spitzbogigen Hauptteil als Hauptrippen der Halle, tragen die Bogenbinder vor den Diagonalen ihres Fachwerkes durchbrochene, sternartige Rosetten, die auch noch unterhalb jener »Kapitäle« eine kurze Strecke herabreichen; mit ähnlichen Ornamentbändern

sind innen die halbkreisförmigen Längsgurte der Nischen sowie außen die Ansatzbögen der gläsernen Nischengewölbe besetzt, und zwischen den letzteren breitet sich dieses Holzgitter fächerartig zu kreisförmigen Endigungen aus. Das ganze Gerüst, in das die bläulichen Glasplatten nur wie eine durchsichtige Haut eingespannt sind, bietet im Gesamtbild seiner konstruktiven Eisen- und seiner ornamentalen Holz-Stäbe den aufs Feinste abgewogenen künstlerischen Ausdruck des raumgestaltenden Gedankens.

Er steht hier im Dienste der Gartenkunst; dem Eisen ist die seit dem 17. Jahrhundert vor allem unter chinesischem Einfluß so reizvoll entwickelte Gitter- und Stabornamentik gesellt, wie sie an den hölzernen Kiosks und Pavillons französischer Gärten ihr fröhliches Dasein führt. Das Ganze ist auf lichte Feinheit gestimmt; der Maßstab bleibt klein. Aber es ist sicherlich nicht zu kühn, diese Dimensionen zu vervielfachen, diese Feinheit einer monumentalen Größe anzupassen und den Zweck zu verändern. Es ließe sich eine Ausstellungshalle vom Maßstab des Londoner Kristallpalastes in solcher Form denken.

Als nach Schluß der Weltausstellung der aus Holz und Stuck zu kurzem Scheinleben gebrachte Formenwirbel ihrer Bauten schnell sein erwünschtes Ende fand, beschloß man, diese beiden Gewächshallen Gautiers dauernd zu erhalten. Man tat sehr recht daran. Unter den einschiffigen Eisenglashallen sind sie das erste Kunstwerk.

B. Zentralhallen.

1. Kuppel.

Die erste große Leistung der Eisenkonstruktion im Dienste der Raumüberdeckung, die *Halle au Blé in Paris* (1809—11), war kein Langhausbau, sondern eine Kuppel. Ihr architektonischer Wert blieb gleichwohl gering. Sie lehrte nur, daß man die Kuppelrippen über einem Kreis von 40 m Durchmesser bis zur Höhe von 45 m ebenso sicher und wesentlich rationeller aus Gußeisen herstellen konnte, wie aus Bohlenbrettern oder aus aufgemauerten Steinen. Die Umrißlinie war nicht sonderlich glücklich, am wenigsten im Verhältnis zum niedrigen Unterbau. Die halbkugelförmige Kuppel der *Sternwarte in Athen* (1840) ist eine technisch interessantere Leistung — mit schmiedeeisernen Rippen und drehbar — aber nur mit einem Durchmesser von 5 m. Nach diesem Muster konstruierte *Schinkel* die *Drehkuppel* der *Berliner Sternwarte*. Die Schutzkuppel der *Nikolaikirche in Potsdam*, deren vornehme Kontur dem Entwurfe Schinkels folgt, verrät weder in ihrem Innern noch außen, daß die von Schinkel beabsichtigte Holzkonstruktion durch gußeiserne Rippen ersetzt ist, und daß die ganze Kuppel auf Rollen ruht. In diesen Kuppeln wirkt das Eisen nur als neues Konstruktionsmaterial bei der Verkörperung hergebrachter Formen, denen es für den Anblick überhaupt keine Veränderungen bringt. Das gilt auch für die Mehrzahl der Kuppeln, bei denen das Eisengerüst nur durch Glas ausgefüllt ist. Die beiden Riesenkuppeln der *Londoner Weltausstellung von 1862* beispielsweise waren zwar größer als die der Peterskirche, aber der von ihnen bedeckte Raum wirkte neuartig nur durch seine Helle, nicht durch seine Gestalt, denn diese blieb beim Hergebrachten. Die einzige Ausnahme unter den älteren Eisenkuppeln machte ein seinem Zwecke nach der Pariser Halle au Blé verwandter Bau, der durch seine unverdiente kurze Dauer jedoch um seinen verdienten Ruhm gekommen ist, die

„Alte Börse" in *Antwerpen.* (Abb. 56.) Ursprünglich bestand sie aus einem großen, ovalen, von bedeckten Galerien umgebenen Hof. Als auch dessen Eindeckung erwünscht ward, lieferte 1848 der Lütticher *Marcellis* zwei Projekte, von denen das eine 1852/53 ausgeführt wurde, aber, weil man die umsichtigen Vorschläge des Erbauers nur teilweise befolgte, fiel der Bau schon nach fünf Jahren einem Brande zum Opfer. Die Einwölbung des mächtigen Hof-Ovales mit 40 und 30 m Achsenlänge wird durch zwölf auf eisernen Mauersäulen ruhende, radiale Eisenbögen erreicht, die durch je drei, den Außenmauern parallele Pfetten verstrebt sind. Das ist an

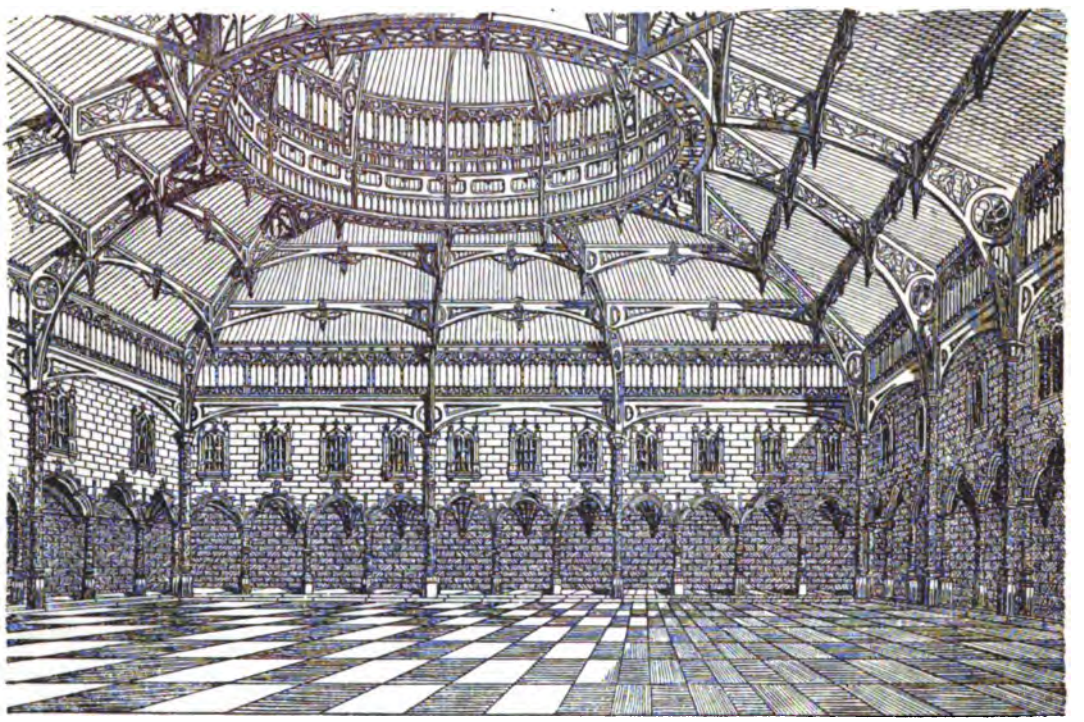


Abb. 56. Hof der Alten Börse in Antwerpen.

sich nichts Neues, die wohldurchdachte Konstruktion mit ihren Zugstangen und Ankern liegt verdeckt, denn das Innengerüst ist im Geiste geschichtlicher Stilkunst aus Gußeisen mit der dem Material entsprechenden Flachheit aller Bögen als spätgotisches Strebe- und Maßwerk ausgebildet. Aber die Raumwirkung selbst wird durch diese Konstruktion neuartig verändert, denn die radialen Eisenbögen umfassen in der Mitte — in einer Höhe von 20 m über dem Boden! — einen ovalen Ring von 19 : 14 m Durchmesser, und dieser so verstrebte, freischwebende Ring trägt ein zeltartiges Oberlicht von 9 m Höhe. Der struktive und räumliche Gedanke ist der der Laterne, allein die Weite und Höhe dieses Oberlichtes verhält sich zum Gesamtraum nicht mehr wie die Laterne zur Kuppel — für deren typisches Verhältnis vergleiche man die Eisenkuppel der Potsdamer Nikolai-Kirche, bei der die »Laterne« nur als krönendes Spitztürmchen erscheint — sondern sie schafft in diesem

Aufbau der Hauptkuppel eine zweite, kleinere Genossin. Folgerichtig hat auch die Gußeisendekoration hier eine emporenartige Arkadenreihe angeordnet.

Nachdem dieses kühne Eisengerüst 1858 bei einem Brande zusammengeschmolzen war, reichte Marcellis einen zweiten ähnlichen, noch besseren Plan ein, es wurde ihm jedoch ein »stilvoller« Steinbau vorgezogen. Nachfolger fand Marcellis erst, nachdem die statische Wissenschaft bei den Kuppelkonstruktionen überhaupt zu einem anderen Prinzip übergegangen.

* * *

Der Reichtum des mittelalterlichen Gewölbebaues beruht auf dem Verhältnis des Rippensystems zu den Kappen; ästhetisch: auf dem der Rahmenlinien zu den Füllflächen. Das Liniengerüst ist das Wesentliche. Es wird zunächst möglichst einfach gestaltet und stets behalten einzelne wenige, konstruktiv maßgebende Hauptlinien die Herrschaft. Im gotischen Kreuzgewölbe sind es die Diagonal-Rippen. Selbst in den späten Stern- und Netzgewölben treten sie meist hervor. Diese Betonung der aufsteigenden Grate oder Rippen wahrt auch die Steinkuppel der Renaissance, soweit der kreisförmige Grundriß dabei durch das ihm angenäherte Vieleck und die Rotationsfläche der Kuppel durch die sphärischen Dreiecke des Klostergewölbes gebildet werden. Bei den Holzkonstruktionen vollends sind die rippenartig aufsteigenden Bohlen die Leitlinien des Ganzen. Von ihrem Prinzip gingen auch die ersten Eisengerüste der Kuppeln aus. Sie ordnen diese eisernen Binder zentral an und halten sie durch diagonalen Querverband zusammen. Die von Binder zu Binder führenden Pfetten gehören statisch nicht zu den Hauptkonstruktionsteilen; andererseits können die letzteren auch den Innenraum selbst durchqueren.

Bei diesen Kuppelkonstruktionen liegen alle Teile eines Binders in einer Ebene, er wird als selbständiger, ebener Träger berechnet und tritt auch formal als selbständige, vom Fuß zum höchsten Punkt aufsteigende Leitlinie der Kuppel in die Erscheinung. Ästhetisch ist dies also nicht wesentlich verschieden von dem uralten Rippenprinzip.

Anders die »räumlichen Fachwerke«, wie sie zuerst *J. W. Schwedler* ausgebildet hat. Bei ihnen ist die statische Funktion jedes Einzelbinders nur im Zusammenhang des ganzen Systems berechnet, denn jeder ihrer Knotenpunkte ist mit drei anderen durch Stäbe verbunden, die sich *nicht* in einer Ebene befinden. Alle diese Konstruktionsteile liegen nun ferner im Kuppelmantel selbst, sie bilden ein Liniennetz, das sich der Oberfläche des Rotationskörpers anpaßt, etwa wie die Nähte eines Luftballons. Das Innere bleibt von Konstruktionsteilen völlig frei; außen teilen sich die Stäbe in Gratsparren (Meridiane) und Ringe (Parallelkreise), die also aus dem ganzen Mantel trapezförmige Felder herausschneiden, und in die gekreuzten Diagonalen der letzteren.

Es erhellt, daß damit formal die herrschende Bedeutung der meridian gerichteten Rippen geschmälert und überhaupt die Form des Rotationskörpers eine freiere wird. Schwedler selbst wandte sein System vorzugsweise für Nutzbauten, für Gasbehälter und Lokomotivschuppen an, bei denen die Kuppeln sehr flach blieben.[1] Aber die

[1] Die erste Schwedlersche Kuppel ward über dem Gasbehälter in der Holzmarktstraße in Berlin 1863 errichtet. Sie hat nur 3,86 m Pfeilhöhe bei einem Durchmesser von fast 40 m.

von *Knoblauch* entworfene »*Neue Synagoge*« *in Berlin* hat 1863 auch gezeigt, was dieses Konstruktionsprinzip in architektonischem Sinn für die Kuppelform bedeuten kann. (Abb. 57.)

Die Abmessungen sind gering — der Durchmesser beträgt nur 13,18 m. Der Gesamtumriß jedoch, bei dessen Zeichnung das günstigste Verhältnis zum Winddruck und zur Schneelast ausschlaggebend war, nähert sich der wirksamen Silhouette der Zwiebelkuppeln, wie sie über persischen Moscheen aufragen, und erhält dabei durch die untere Einziehung auch eine stilgeschichtliche Eigenart. Das Äußere ist auf Holzverschalung in Zink eingedeckt, und sein vergoldetes Rippenwerk bringt dabei leider nicht die konstruktiv wirksamen Teile heraus, sondern folgt, dem stilistischen Gesamtcharakter gemäß, den maurischen Elementen sich kreuzender Spitzbögen.

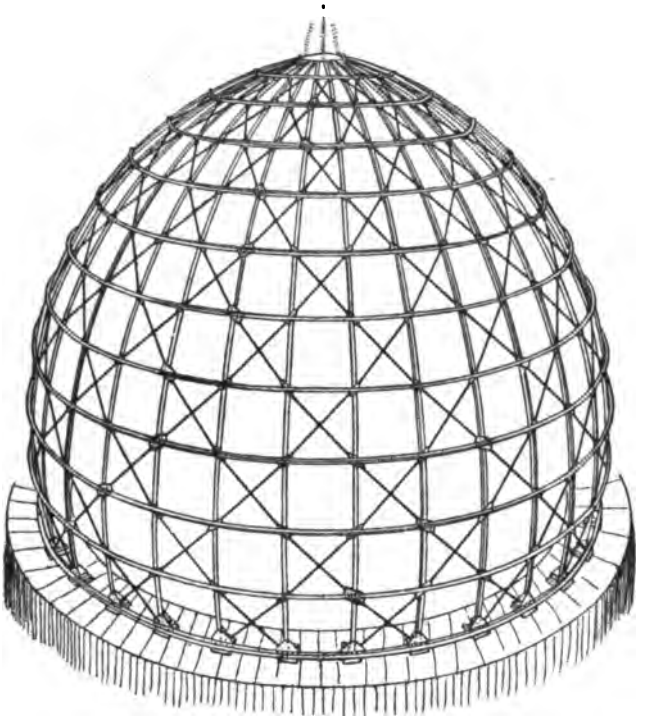


Abb. 57. Kuppel der Neuen Synagoge in Berlin.

Die »räumlichen« Kuppelsysteme über kreisrundem oder polygonalem Grundriß, mit freiem Innenraum und horizontalen Ringen, sind schon jetzt konstruktiv sehr mannigfaltig, und die nach *Henneberg, Mohr und Föppl* zu berechnenden statischen Systeme, nach denen man sie jetzt einteilt, bedeuten ebensoviele prinzipiell verschiedene Gliederungsarten der Kuppelschalen. Zunächst sind von den Konstruktionen, deren Teile gleichwertig beansprucht sind, die aus statisch ungleichwertigen Teilen zusammengesetzten Kuppeln zu unterscheiden, bei denen also auch die Binder in Haupt- und Nebenbinder zerfallen, ähnlich wie die Steinrippen gotischer Gewölbe. Die »Schwedlerschen« Kuppeln gehören zu der ersten Klasse; neben ihnen scheiden die »Netzwerkkuppeln« die Sparren der Schwedlerschen Kuppeln und ebenso deren Gegendiagonalen aus, indem sie die Flächen zwischen den Ringen lediglich durch »Netzwerk« aus Dreiecken füllen[1]. Das bedeutet also wiederum einen Schritt zur Trennung der Kuppelform von den Leitlinien der Rippenmeridiane, zur Freiheit in der ganzen Wahl des Rotationskörpers. Das eiserne Stabwerk, das diesen bildet, ähnelt nun — um das frühere Gleichnis fortzuführen — nicht sowohl mehr den Nähten eines Luftballons, bei denen die Meridiane maßgebend bleiben müssen, sondern

[1] Die Schwedlerschen und die Netzwerkkuppeln faßte Föppl 1891 als »Flechtwerkkuppeln« zusammen.

einem über den Ballon geworfenen Netz, das aus dreieckig verknüpften Schlingen gebildet ist.

Abgesehen von einer Reihe von Übergangsformen dieser Systeme hat die statische Wissenschaft der letzten zwanzig Jahre auf diesen Wegen bereits zu einer immer freieren Bewegungsmöglichkeit bei der Wahl der zentralen »Raumfachwerke« geführt. Über rundem oder polygonalem, gleichseitigem oder ungleichseitigem Grundriß, eingeschossig oder mehrgeschossig, mit oder ohne Laterne, mit gleichwertigen oder ungleichwertigen Gliedern lassen sich heute auch bei großen Dimensionen durch Anpassung des Systemes an die architektonisch geforderte Form, wofür besonders *Zimmermann* und *Müller-Breslau* in Berlin Normen gegeben haben, statisch bestimmte Raumfachwerke konstruieren. Von den einfachen Kuppeln über dem Quadrat oder Kreis reichen diese zentralen Dachtypen auch im Eisen, wie im Holz, bis zum Pyramidenhelm des Turmes. Weitaus am häufigsten ist das eiserne Konstruktionssystem dabei allerdings verdeckt, nur ein Tragegerüst, das die architektonisch-dekorative Kunst mit ihren eigenen Formen frei umspielt. In diesem Sinne einer Hilfskraft, die ihren Sieg über die Schwere unsichtbar erringt, hat das Eisen gerade für die Zentralteile der Monumentalbauten, insbesondere für die mehr oder minder kuppelartigen Bedachungen der zentralen Oberlichtsäle, schon jetzt eine ungemein großartige Entwicklung genommen. Man denke einmal, in welcher Form diese konstruktive Hilfskraft bei der Kuppel des *Brüsseler Justizpalastes* auftrat, und vergleiche damit *Wallots*, von *Zimmermann* berechnete Kuppel über dem *Berliner Reichstagsgebäude!* Dort drei ungeheure Fußringe um eine Kuppel von hergebrachter Form — hier eine ganz eigenartige Umrißlinie, durch einen starken Künstlerwillen trotz aller Schwierigkeit mit dem architektonischen Geiste des Ganzen verschmolzen! Und dabei fordert und erhält das Metall nun auch in den Schmuckformen sein künstlerisches Recht. Selbst innerhalb der geschichtlich hergebrachten Kuppeltypen und ohne sonderliche konstruktive Leistung kann solche künstlerische Kuppeldekoration, die den Metallcharakter zielbewußt und formenschön ausspricht, neue Reize entfalten. Das lehrte vielleicht am glänzendsten *Bouvards Dôme Central* der *1889er Weltausstellung* in *Paris*. Die rein dekorativen Mittel, mit denen sie dort erreicht wurden, werden uns noch im späteren Abschnitt beschäftigen.

An dieser Stelle jedoch gilt es, Umschau zu halten, ob nicht auch ohne die Eigenart der dekorativen Verkleidung die schon in der *Kernform* allein gegebene Gestalt von Zentralräumen durch die Eisenkonstruktion Bereicherungen erhalten hat, die durch ihre Neuheit und Wirkung architekturgeschichtlich bedeutend werden. Am ehesten bieten sich naturgemäß die *Glas-Eisen-Bauten* dar, bei denen sich Rauminhalt und Raumform decken, aber die Ausbeute ist hier bei einer Einschränkung auf vollkommen selbständige, nach allen Seiten gleichartig entwickelte Zentralbauten noch nicht reich. Um so verhängnisvoller erscheint es, daß einer der konstruktiv bedeutendsten unter ihnen, dessen Gesamtraum Anspruch auf Neuheit besaß, nicht nur durch seine absolute Größe, sondern durch ähnliche Veränderungen — im Größenverhältnis der einzelnen Raumteile, wie die Alte Börse von Antwerpen, — und der zudem eine mindestens ungewöhnliche Gesamtform zeigte, durch die erzwungene Verbindung mit geschichtlicher Stilkunst um einen Teil seiner Wirkung gebracht wurde. Es ist die *»Rotunde« der Wiener Weltausstellung* von 1873. (Abb. 58.)

Wenn sie hier ihren richtigen Platz in der Stilgeschichte der Eisen-Architektur erhalten soll, darf man von dem ihr vorgelegten riesigen Triumphtor und den anschließenden Renaissance-Arkaden in nachgemachter Stein-Architektur und ebenso von ihrer anspruchsvollen Innendekoration aus Zink und Stuck, sowie von deren bemalten Velarien ganz absehen und nur das Raumgebilde an sich würdigen, wie es sich wenigstens bei der Außenansicht in seinem oberen, hier wichtigsten Teil klar darbot. Es ist die größte Verkörperung einer bisher noch unerörterten Form des Zentralbaues: des Zeltes.

2. Zelt.

In den statischen Theorien ist das »Zelt« nur ein Sonderfall der »Kuppel«; statt der gebogenen Trageglieder hat es geradlinige Sparren. Auch das Auge geht von diesem Unterschied aus, aber es sieht darin eine gänzlich andere Form, mit anderer

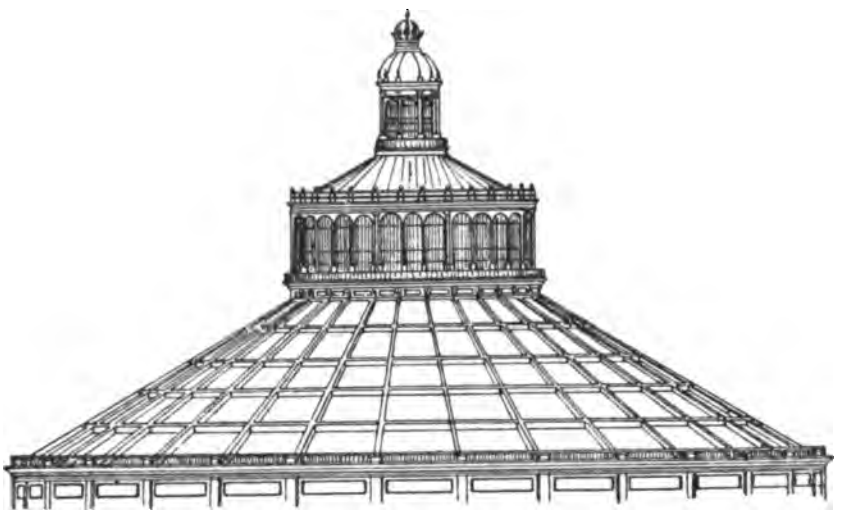


Abb. 58. Rotunde der Wiener Weltausstellung von 1873.

ästhetischer Wirkung, bei der die Größe diesmal dem Kunstwert gefährlich wird. Wenn schräg konzentrisch aufragende Stäbe von mäßiger Länge sich in mäßiger Höhe vereinen, und dabei ein leichter Textilstoff elastische Füllung bietet, kann ein reizvolles Bild entstehen. Wenn dreißig 48 m lange, durch fünf Ringe verbundene Eisenstäbe über einem Rund von fast 105 m Durchmesser zu schrägen Zeltstangen zusammengestellt werden und nur gerade Blech- und Glasplatten aufnehmen, wirkt das unrettbar steif. Allein dieses riesige Zelt, das, wenn vollständig, allerdings einem »umgedrehten Blechtrichter« gleichen würde, hört vor dem letzten Drittel seiner Höhe auf. Dort bringt ihm das an den Kuppeln ausgebildete Laternenmotiv die ästhetisch so erwünschte Hilfe, und zwar mit der dem ganzen Maßstab entsprechenden Steigerung der Breiten- und Höhenmaße, zu dem bereits Marcellis 1852 bei seiner Antwerpener Börse durch das Eisen geführt wurde. Der von den Zeltsparren in einer Höhe von etwa 48 m über dem Boden emporgehaltene Schlußring hat fast 31 m Durchmesser und trägt seinerseits einen Aufbau, in dem sich der des laternenbekrönten Zeltes scheinbar miniaturhaft klein, aber immer noch in tatsächlich recht

stattlichen Abmessungen wiederholt; die Höhe der als Arkadengalerie ausgebildeten Seitenwände beträgt 10,5 m! Das Krönungslaternchen dieser Laterne, die schon eher als eine zweite kleine Rotunde bezeichnet werden kann, ragt 80 m über dem Boden auf. So erhielt das Motiv des Zeltdaches, das stilgeschichtlich zuvor besonders als Außendach Bramantesker Renaissancekuppeln eine Rolle gespielt hat, in diesem Wiener Ausstellungsgebäude seine Verselbständigung und einen Riesenmaßstab. Immerhin jedoch bleibt die Empfindung, daß dabei die ästhetisch günstigste Form der Eisenbinder, die Kurve, zu wenig ausgenützt ist. In seiner Geradlinigkeit war dieser ganze Bau »steif« und »furchtbar praktisch«, und das wird der Zeltform bei großen Maßverhältnissen nur durch reichere Kombination mit gewölbten Flächen und Bogenlinien genommen werden können, dann aber nähert sie sich dem dritten, vielleicht zukunftsvollsten Typus des eisernen Zentralbaues: der Glocke.

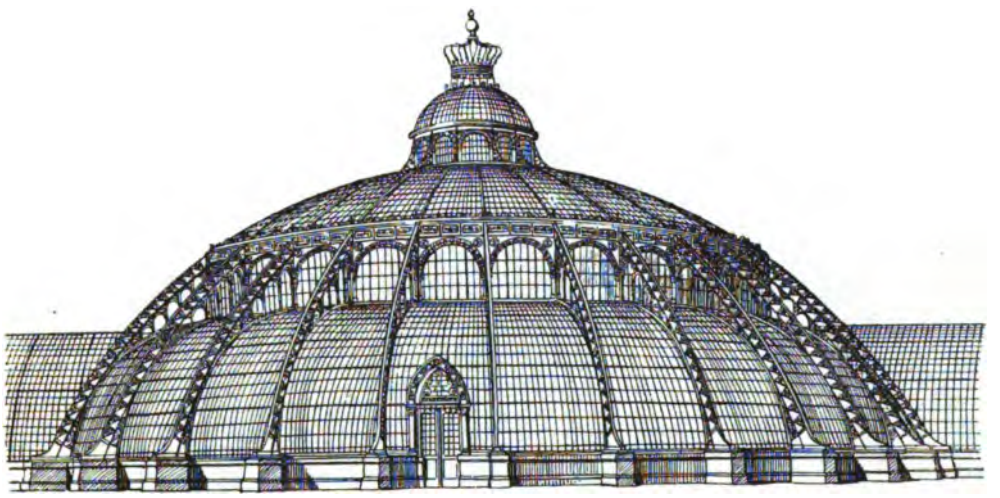


Abb. 59. Wintergarten auf Schloß Laeken.

3. Glocke.

In der monumentalen Steinarchitektur fand sie bisher nur als Flachkuppel über hohen Untermauern Verwendung, und auch dies geschah verhältnismäßig selten, denn die Hauptrichtung des Kuppelbaues ist die der steilen, aufwärts weisenden Kurve. Der Gedanke vollends, einen Zentralbau schon vom Boden an unmittelbar als flache Glocke zu gestalten, ist vor der Ausbildung der Eisenkonstruktionen begreiflicherweise niemals gefaßt worden. Den ersten Anlaß gab wiederum ein Gewächshaus, diesmal das Werk eines belgischen Architekten, *Balat*, der dabei aber nur die Idee seines königlichen Bauherrn ausgeführt haben soll. Leopold II. wollte im Verfolg seiner großen Schmuckbauten der siebziger Jahre der älteren Orangeriehalle seines 4 km nördlich von Brüssel gelegenen *Schlosses Laeken* einen zentralen *Wintergarten* anfügen. (Abb. 59.) Die Palmen verlangten einen hohen Mittelraum; es lag nahe, ihm einen niedrigeren Umgang zu geben. Dieses basilikale Schema war ein bei den Gewächshäusern hergebrachtes Motiv, wie es ja bereits durch Paxton in Chatsworth Anwendung gefunden hatte. Dort und auch sonst aber geschah

dies meist bei Langhausbauten; in Laeken bei einem Zentralbau. Das wird hier stilgeschichtlich wichtig, denn an die Begleitung einer Halbkuppel durch ein paralleles Nebenschiff war man vom Chorumgang mittelalterlicher Kirchen her wohl gewöhnt, die Verdoppelung des Ganzen zu einem Zentralraum aber war sehr selten. Die wesentlichste Eigenart jedoch bleibt die des vollkommenen Hellraumes im Eisengerüst und die Kurvenführung, die sich am ehesten einer flachen Glocke oder Schale vergleichen läßt. Den großen Kreisraum in der Mitte, mit einem Durchmesser von 41,25 m, umstehen auf gemauertem Sockelring 36 kräftige Steinsäulen dorischer Form mit einem entsprechend robusten steinernen Kreisgebälk. Seine Höhe entspricht der des nicht ganz 8 m breiten Umganges, der sich etwa mit dem Profil eines Viertelkreisbogens anschließt. Auch er erhebt sich auf einem gemauerten Sockel, besteht aber selbst nur aus Eisen und Glas. Dem basilikalen Höhenschema

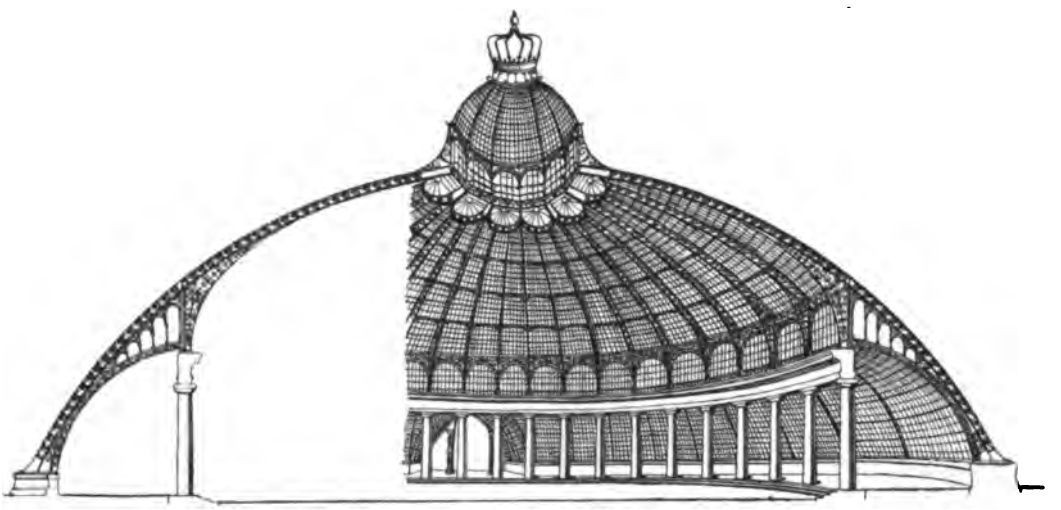


Abb. 60. Durchschnitt des Wintergartens auf Schloß Laeken.

entsprechend folgt am Hauptraum über dem Ansatz des Umganges, beziehungsweise über dem Steingebälk des Säulenringes, ein niedriges Arkadengeschoß, das im Verhältnis zu der darüber aufragenden Hauptkuppel als Tambour aufgefaßt werden kann; diese Hauptkuppel selbst aber hat einen nur flach kurvierten Umriß und trägt in einer Höhe von 25,64 m über dem Boden eine zwölfeckige, 8 m breite Kuppellaterne mit der Königskrone. Auch dieser ganze Teil besteht lediglich aus Eisen und Glas. (Abb. 60.)

Der neue Reiz dieser Raumgestaltung wurzelt — abgesehen von seiner in jedem Sinne durchsichtigen Klarheit — bereits in der Herrschaft der gewölbten Glasflächen an sich und ihrem fein abgewogenen Wölbungsverhältnis. Er wird aber sowohl innen wie außen durch das zur Herstellung dieses Glaskörpers gewählte eiserne Liniengerüst noch wesentlich erhöht. Im Innern steigen über den 36 Steinsäulen ebensoviele Fachwerkträger als zierlich ornamentierte Eisenrippen auf, die unten zunächst die Rundbogenarkaden des »Tambourgeschosses« zwischen sich nehmen, dann aber, zu je dreien zusammengeordnet, an 12 radiale, das Zwölfeck der eigent-

lichen Laterne umgebende Halbringe stoßen. So wird innen der im ganzen Bau wirksame Gegensatz zwischen den Geraden und den mannigfachen Kurven in diesem vielteiligen Krönungskörper, wo alle Rippen strahlenartig zusammeneilen, besonders reich variiert. Noch wirksamer aber ist die Liniensprache am äußeren Gerüst. Die 36 Rippen sind dort von der Untermauerung an bis zur Laterne ununterbrochene Strebebögen. Ihr äußerer Umriß zeigt dabei eine ungemein feine, flache Kurve, die unten mit leichter Einziehung auf eigenem Steinsockel ansetzt und oben mit ebenso eleganter Einbuchtung an die Laternenwände herangleitet; ihr innerer — unterer — Umriß aber folgt dem Viertelskreis des gewölbten, niedrigen Umganges. Der so entstehende, zwickelartige Zwischenraum zwischen dem unteren und oberen Rand der Strebebögen ist nach gotischem Vorbild mit Arkaden ausgefüllt. Auch ohne den großen Reiz der verschiedenen Bogenlinien und der gewölbten Flächen selbst wahrt das Gesamtbild dieses Zentralbaues seine beachtenswerte Eigenart; denn man ist durch das gotische Strebesystem wohl an ähnliche Strebebögen gewöhnt, aber diese pflegen sich frei über die mehr oder minder harten ebenen Flächen der Dächer zu schwingen; in Laeken jedoch schmiegen sich ihnen die gewölbten Flächen des Glasdaches mit der gleichen Kurve dicht an, und die äußere, maßgebende Umrißlinie der Strebebögen ist auf beträchtlich langen Strecken dem Neben- wie dem Hauptschiff gemeinsam. Dadurch verbindet sie beide straff und doch gefällig zu einer auch als Raumgestalt neuen, künstlerischen Einheit.

In der Reihe der Zentralbauten hat dieses königliche Gewächshaus in Laeken nur eine ähnliche Bedeutung, wie die Pariser Gewächshäuser Gautiers in der Reihe der Langhaushallen, aber es ist weitaus größer und vor allem: es ist ein reiner Eisen-Glas-Bau, bei dem auch alle Ornamente höchst geschickt aus Eisen gebildet sind.

Vor dem Abschluß des Jahrhunderts hat der Glockentypus im Eisenbau noch eine zweite, bedeutend größere, aber minder künstlerische Gestaltung erhalten. Als sich *Lyon*[1] *1894* zu einer bedeutenden *Industrie-Ausstellung* rüstete, griff man auf die Zentralanlage der Wiener Weltausstellung zurück, aber nicht auf die starre Geradlinigkeit ihrer Form, sondern auf die parabolische Krümmung, wie sie besonders in den Längshallen konstruktiv und ästhetisch erprobt war. 16 gebogene Gitterträger, ebene Fachwerke, umstehen hier einen Kreis von nicht weniger als 110 m Durchmesser — also nur 0,25 m weniger als die 89er Maschinenhalle! — über dessen Mittelpunkt sie in einer Höhe von 55 m in einem Laternenring zusammenlaufen. So bilden sie die Rippen eines riesigen, nahezu eiförmigen Glockenkörpers, der jedoch noch einen niedrigen, breiten, von zwei Säulenreihen getragenen Umgang erhält. Nur daß dieser nicht, wie in Laeken, ebenfalls in einer dem mittleren Hauptteil entsprechenden Kurve gewölbt ist. Er zeigt vielmehr innen ein ganz flaches Kegeldach und außen die Pultform mit wenig überragendem Schutzdach. Im Durchschnitt erinnern diese Einfassungen der Mittelwölbung an das System gotischer

[1] Ztschr. Génie civil XXIII, No. 17, p. 265, und XXV, No. 1, p. 1. Ungenügende Abbildung in: La semaine des constructeurs. II. Serie, 1894, p. 55. Die Erbauer waren Claret und Grenier. Die Abmessungen sind riesig. Gesamter Flächeninhalt: 45751 qm. Gesamt-Durchmesser außen 242 m, innen 232 m. Beschreibung der Konstruktion bei M. Foerster, Eisenkonstruktion, a. a. O. S. 326, wo Durchschnitt.

Strebebögen, aber die innere Reihe der Säulen, auf der diese Außenbögen ruhen, tragen nicht die Innenkuppel, sondern sie fußen mit ihr auf gemeinsamem Boden, an gleicher Stelle. Das ist wiederum eine neue, aus der Herabführung der Eisenwölbungen bis zum Boden folgende Raumgliederung. In Lyon blieb sie rohe Großkonstruktion; es ließe sich auch dafür eine künstlerische Lösung denken.

C. Hallen-Komplexe.

Der größte Hallen-Komplex unter den Eisen-Glas-Bauten ist noch heute der Kristallpalast in Sydenham. Er bildet einen einzigen Baukörper, der sich, nach basilikalem Schema abgestuft, in Haupt- und Nebenschiffe gliedert, wobei jene vor

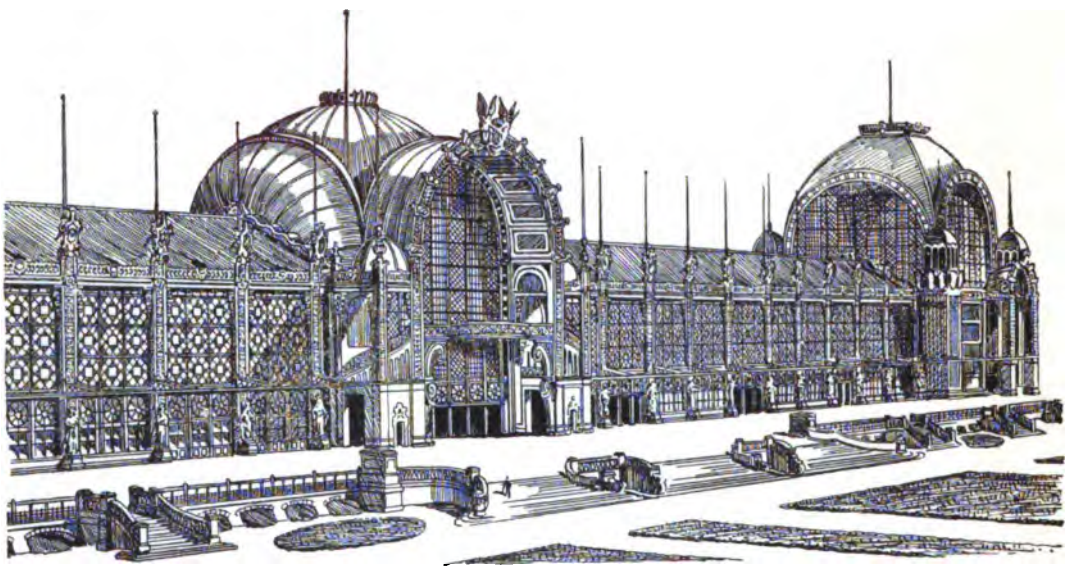


Abb. 61. Eisenhalle der Pariser Weltausstellung von 1878 (Vestibule d'Jéna).

diesem durch die gewaltigen Tonnengewölbe ausgezeichnet sind. Aber die Übersicht über die Einheit des Ganzen und den organischen Zusammenhang seiner Teile wird schon durch den Riesenmaßstab selbst erschwert. Die Teile ferner bleiben ungefügig. Sie sind gleichsam nur aneinandergeschoben und aufeinandergeschichtet. Bezeichnend ist, daß ihre Außenwände auf allen Seiten und in allen Höhenlagen gleichartig behandelt sind. Der Kristallpalast zeigt nur mehrere Galerien übereinander, nicht verschiedene Stockwerke, nur Außenwände, keine Front. Als Gruppenbau steht er im Sinne architektonischer Kunst also nur auf einer primitiven Stufe.

Eine andere, noch kunstärmere Gattung vertreten Baltards im übrigen mit Recht berühmte Markthallen in Paris — das Vorbild zahlreicher verwandter Anlagen.

Die Hauptgänge bilden ein Kreuz mit doppeltem Querbalken. Auf den dadurch abgegrenzten Rechtecken steht je ein Pavillon, im ganzen also sechs. Solche Anlage

war schon in mittelalterlichen Klöstern durchgeführt, noch unmittelbarer im ursprünglichen Plan Filaretes zum Großen Hospital. Er aber hatte es architektonisch ausgestaltet: Eckpavillons und in der Mitte eine hochragende Kirche! Davon konnte bei der Markthalle nicht die Rede sein. Äußerlich: ein unübersichtliches Nebeneinander von Räumen, ohne Contur, ohne Abwägen der Massen. Man könnte es beliebig erweitern. Das Palais de l' Industrie in Paris 1855 folgte nur dem basili-

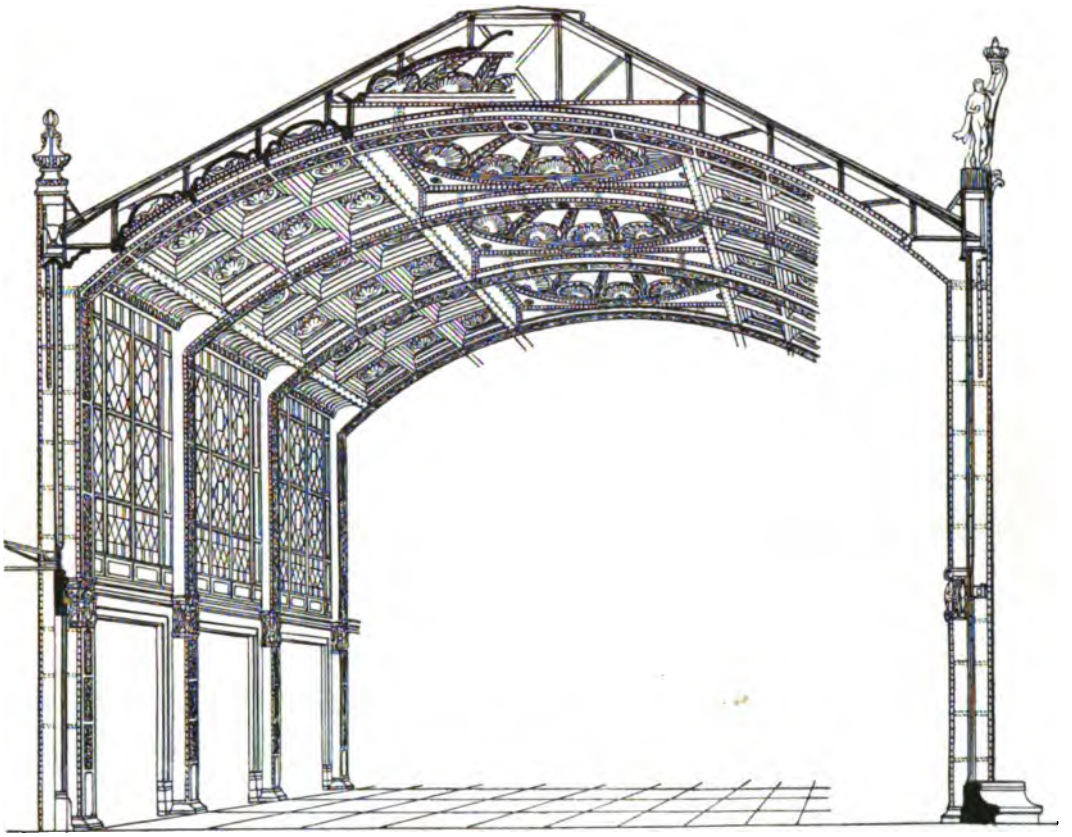


Abb. 62. Schnitt durch die Eisenhalle der Pariser Weltausstellung von 1878.

kalen Gedanken; seine große Mittelhalle wird rings von einer niedrigen, schmalen Seitenhalle umzogen.

Den ersten künstlerischen Erfolg des Gruppenbaues brachte die Eisenhalle der Pariser Weltausstellung von 1878. Dem neuen Trokadero gegenüber errichtete man auf dem Marsfelde die Hauptstätte der Ausstellung als ein ungeheures Viereck von 706 m Tiefe und 315 m Front und bildete diese an der Mündung des Pont d'Jéna als Eingangshalle aus (Vestibule d'Jéna). Sie ist fast 13 mal so lang als breit (36,60 m) und wahrt die mäßige Höhe eines einer Weltausstellung angemessenen Ganges (15 m hoch, 24,40 m breit). Aber die Gesamtverhältnisse auf dem behäbigen

steinernen Unterbau und insbesondere die Anordnung von zwei Eck- und Mittelpavillons war ungemein glücklich. (Abb. 61.)

Deren Krönungen schwingen sich über dem Satteldach der Halle als kühne Kuppelgebilde leicht und luftig empor. An den Eckpavillons sitzen je 4 Ecktürmchen mit dunkel gedeckten Dächern zu seiten der mächtigen nur mit Glas geschlossenen halbkreisförmigen Tragebögen; in der Mitte in reicher Ausstattung sphärische Flächen: vorn über dem Eingang ein Tonnengewölbe, rechts und links Kugelkalotten über den Konchen, in der Mitte eine zeltartig flache Kuppel. Ungewöhnlich allerdings ist, daß die Mitte niedriger gehalten ist als die Seiten. Doch entsprach das der Längsausdehnung des »hingelagerten« Baues, der, selbst abgesehen von der Dekoration, ein künstlerisch gestaltetes Ganzes ist.[1] Es ist bezeichnend, daß man hier auch der ersten zukunftsvollen Wand-Dekoration begegnet — Glas in Rautenmustern und farbig glasierte Fliesen. (Abb. 62.)

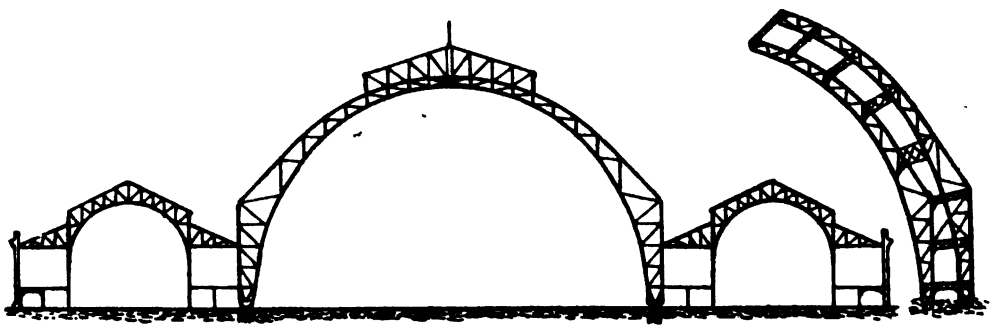


Abb. 63. Kunstpalast auf der Weltausstellung in Chicago 1893.

Der Kunstpalast in Chicago 1893 (Abb. 63/64) bedeutet wiederum die Fortsetzung des im Palais de l' Industrie 1855 durchgeführten Raumgedankens der basilikal angeordneten Parallelschiffe, der naturgemäß überhaupt für Ausstellungshallen am häufigsten zu finden ist.[2]

Einen Fortschritt der Hallen-Architektur im Sinne der Raumkombination brachte wieder erst die Pariser Weltaustellung von 1900, wiederum in einem bleibenden Bau, dem Grand Palais des Beaux Arts. Die Anforderungen waren allerdings dabei ganz ungewöhnliche und für eine künstlerisch befriedigende Lösung so ungünstig wie möglich. Die Verwandlungsfähigkeit des alten Palais de l' Industrie, das alljährlich den Gemälden und Skulpturen als »Salon«, aber auch Ausstellungen mannigfachster Art — Ackerbau, Viehzucht, Pferde — und sportlichen Vorführungen, den concours hippiques, gedient hatte, sollte erneut werden.

Beim Palais de l' Industrie hatte sich diese vielseitige Benutzung erst allmählich ausgebildet, bei dem neuen Palais des Beaux Arts wurde sie bereits von vornherein

[1] Konstrukteur: Dion, Architekt: Hardy.

[2] Dôme central 1889; Berlin: Hygiene-Ausstellung 1883, Proell & Scharowsky; Haupthalle und Empfangsgebäude Halle a. S. 1890; Haupthalle Dresden 1898.

in das Bauprogramm aufgenommen. Das kannte selbst die frühere Zeit nicht, die bei ähnlichen Ansprüchen zum mindesten in ausgedehntem Maße die freien Höfe hinzunahm. Nun galt es eingedeckte Riesenräume; dabei mußten selbstverständlich Eisen und Glas zu ihrem besten Recht kommen; freilich ließ man es nur zur Raumgestaltung des Innern zu. Und dieses litt nicht nur unter der Vielseitigkeit des Bauprogramms, sondern auch unter der Unregelmäßigkeit des Bauplatzes, der in mehrfacher Beziehung schiefe Hauptachsen forderte. Auf einen Bau aus einem Guß ward daher gleichsam von vornherein verzichtet, selbst die Ausarbeitung der Pläne unter vier Kräfte verteilt. Deglaue (Front) Louvet (Mittelstück) Thomas — dazu Girault, der Erbauer des »Petit-Palais«.

So konnte also nur ein Kompromiß-Werk entstehen. Der dem Osten zugewandte Hauptteil — die Westhalle nach der Avenue d'Antin kann hier unberücksichtigt bleiben — schließt sich an das Vestibule d'Jéna von der 1878er Ausstellung an, aber in gewaltiger Steigerung des Maßstabes und in einer wirksamen Vermannigfaltigung der Raumgrenzen. Der Grundriß geht von der ⊥-Form aus, eine breite, von der Breitseite aus zugängliche Längshalle, deren Mittelteil sich in der Achse des

Abb. 64. Kunstpalast auf der Weltausstellung in Chicago 1893.

Eingangs zu einer Nische vertieft; rings offene Emporen-Galerien, zu denen hinten eine geschwungene Freitreppe hinaufführt. Im Zusammenhang der Eisenhallen ist das Wichtigste die Eindeckung. Die Längshalle selbst ist naturgemäß ein Tonnengewölbe. Das Neue ist die Kuppel über dem Mittelraum. Zunächst schneiden die Seitenhallen in ihn mit schräg ansteigenden Halbkreisbögen ein. Das ist dieselbe stilistisch völlig neue Richtung von Tragebögen, wie zwischen den schrägen Fußstreben des Eiffelturms.

Bei Kuppelkonstruktionen in Stein und Holz war die zentrale Richtung bisher lediglich in den Rippen ausgesprochen, nicht aber in den Tragebögen. Diese werden — wenigstens zwei — nun also gleichsam in die Zentralbewegung mit hineingezogen und passen sich für den Gesamteindruck dem Linienzug der Eckrippen harmonisch an. Die letzteren sind verdoppelt, denn die Ecken des Quadrats über dem Mittelraum sind abgestumpft; jede Ecke entsendet also je ein Rippenpaar. Und alle diese emporsteigenden Binder werden dann durch einen breiten Ring zusammengefaßt, der das mächtige sphärische Oberlicht trägt. Man vergleiche diese Konstruktion einerseits mit der »Alten Börse« in Antwerpen, andererseits mit dem Dome der Pariser Ausstellungen von 1878 und 1889. Das ist ein imponierender Fortschritt!

Das Entscheidende ist die Herrschaft der Kurve, die auch in dem vielteiligen, komplizierten Grundriß wiederkehrt; die Ecken sind ausgeschliffen. Das Palais des Beaux Arts steht zum Palais de l' Industrie in ähnlichem Verhältnis wie die Barockkirche zur Basilika.

Der große Saal, ohne Mittelstütze, ohne Zugbinder, mit seinen weit gestellten Stützen und weit gespannten Bogen, ist ein ungeteilter, einheitlicher Raum, belebt vom Herüber und Hinüber kühn geschwungener Bogenlinien. Auch hier die Kurve und die T-Form; denn alle Formen und auch die bandartigen Zierformen sind bestimmt durch die Breitflächigkeit der T-Eisen. Volle Eisenstege wechseln mit durchbrochenen Trägern. Das Gitterwerk wirkt hier um so leichter und luftiger, als der ganze Raum von Licht durchflutet ist. Die Eindeckung des Gewölbes besteht mit Ausnahme eines kleinen Holzstreifens am Ansatz lediglich aus Glas.

Das Eisen hat auch hier seine Macht bewährt: es brachte dem Kuppelraum eine neue Weihe, die »Helle«.

II.

VERBINDUNG DES EISENS MIT ANDEREN BAUSTOFFEN.

1. Eisen und Stein.

Aus dem Bunde »Stein und Eisen« erhoffen wir den Baustil der Zukunft. Der Pathenspruch des Zeitgeistes für ihn lautet: »Neues zum Alten«. Denn dieser neue Baustil wird ebensowenig einen plötzlichen und vollständigen Bruch mit dem Früheren bedeuten, wie irgend einer seiner Vorgänger. Daher wird aber auch der Stein seine monumentale Vorherrschaft wahren, das Eisen sich deren künstlerischen Plänen oft unterordnen.

Da tritt das Eisen zum Stein als leistungsfähigste Hilfskraft, die insbesondere der Raumüberdeckung ihre Riesenbalken und Bögen, dem Kuppelumriß ihre freien Kurven leiht, unsichtbar funktionierend, wie das Knochengerüst im Körper.

Bei einer Fülle architektonischer Aufgaben der Neuzeit aber tritt der Stein zum Eisen. Dieses ist der Idee seiner Aufgabe nach das Wesentlichste — vor allem bei den Brücken, den großen Bahnhofs- und Ausstellungshallen. Die geforderte Raumüberdeckung kann dort überhaupt *nur* durch das Eisen erreicht werden. Der Stein rückt sachlich in die zweite Stelle. Formal, für das Auge aber, bleibt er auch dann oft im Vordergrund: er schafft dem Eisenbau den äußeren Abschluß, das Gehäuse, und bisher fällt dabei oft auch die künstlerische Lösung ihm allein zu.

Auch dabei kann die Steinarchitektur die historischen Stilformen berufen. Antike Säulenhallen und Triumphtore wahren auch vor Eisenhallen ihre einladende Schönheit; die Architektur mittelalterlicher Burgen und Stadttore bleibt auch an den wohlgehüteten Zugängen zu manchen Eisenbrücken willkommen; gotische Pfeiler können auch zwischen Eisenbögen ähnliches sagen, wie zwischen den steinernen gotischen Strebebögen.

Nur muß die Sprache dieser historischen Steinformen dann dem neuen Zusammenhang gemäß verwendet werden! Die Säulenhalle des Grand Palais des Beaux Arts in Paris läßt nicht im mindesten ahnen, welche Art von Raum im Innern folgt, nicht einmal wo er seine Stützen findet. Mit gleichem Recht könnte man den Fuß des Eiffelturmes rings mit einer kolossalen runden Säulenhalle umziehen. Wuchtige Burggelasse und Türme als Abschluß von Brücken an strategisch unwichtiger Stelle sind nicht nur ebenso unsinnig, wie ein römisches Triumphtor vor einem Eisenbahntunnel, sondern erwecken auch eine falsche Vorstellung von dem Zweck, den das Steinmassiv des Brückenkopfes konstruktiv für die Brücke selbst erfüllt.

Damit ist der Kern des ganzen Problems berührt. Um das obige Gleichnis vom Gerippe und dem Körper wieder aufzunehmen: seine Muskeln und Gelenke lassen auch äußerlich den Bau und Zusammenhang des Knochengerüstes erkennen. Ein selbständiges Dasein führen sie nicht. Ebensowenig dürfen dies die Steinfronten vor Eisenkonstruktionen.

Diese selbst erziehen uns zu solcher Forderung. Wir kennen und schätzen sie bereits heute zu sehr, um es nicht als eine Unwahrheit zu empfinden, wenn die Steinarchitektur solche gewaltige Leistung verschweigt, wenn sie vor ihr nur vom Reiz ihrer eigenen historischen Formen redet. Mögen diese den Gesamtbau noch so meisterlich in seine ältere bauliche Umgebung einstimmen — sie bleiben nur beliebiges Kulissenwerk. Zum mindesten verlangen wir, daß die Steinfront das konstruktive Walten des Eisens andeutet, bei ihrer Gesamtgliederung von der Verteilung seiner Kräfte ausgeht und die Hauptpunkte, wo diese einsetzen, heraushebt. Das kann sehr wohl mit Hilfe der überkommenen Stile geschehen, freilich nicht durch »stilechtes« Kopieren älterer Formen, sondern durch deren Fortbildung aus ihrem eigenen Geist heraus, dem Geist der neuen Aufgabe gemäß. Das Schulbeispiel für solchen Weg gibt die Stilgeschichte der Steinarchitektur selbst in der Anpassung der hellenischen Säulenordnung an den hellenistischen und römischen Bogen. Das war keine geniale Tat, die der ungeheuren konstruktiven Umwälzung, wie sie das Wölben brachte, entsprochen hätte. Es war ein Kompromiß. Allein es war doch ein glücklicher Ausweg, der zu einer Fülle guter Lösungen führte. Daß man aber überhaupt damals zu einem Kompromiß griff, anstatt die neue Kunstform aus der neuen Kernform selbst entschlossen und frei zu entwickeln, blieb für die Baukunst verhängnisvoll. Es bewirkte, daß die künstlerischen Folgerungen aus dem konstruktiven Tatbestand, den schon das Gewölbesystem des antikrömischen Pantheons vollständig bot, erst in der gotischen Kathedrale gezogen wurden.

Und dabei handelte es sich um das gleiche Material.

In unseren Tagen aber handelt es sich um das Verhältnis vom Stein zum Eisen.

Nur in dieser Form gehört das Thema »Stein und Eisen« überhaupt in den Rahmen dieses Buches. Der ungeheure Zuwachs an konstruktiver Kraft, den der Steinbau dem Eisen dankt, die Ausnutzung dieser neuen Gabe für die eigenen Zwecke wird in Zukunft einen Hauptgegenstand jeder Geschichte der monumentalen Steinarchitektur bilden. Nicht diese aber gilt es hier zu charakterisieren, sondern den Eisenbau. Da scheidet die historische Stilkunst des Steinbaues selbst völlig aus. Als stilbildende und stilhemmende Kraft hat das Eisen daran keinen Anteil. Diese vermag es nur da zu zeigen, wo es aus seiner eigenen Aufgabe und ihrer nur ihm möglichen Lösung heraus den Stein zum Genossen erwählt, wo es ihn schon dadurch aus dem Zusammenhang seiner geschichtlichen Formen loslöst und durch den neuen Bund zu neuer Lebensbetätigung zwingt.

In der Entwicklung der Baukunst ist auch ein solcher Vorgang an sich nicht ganz neu. Der Vorläufer für den Bund »Stein und Eisen« ist in diesem allgemeinsten Sinn die Vereinigung von *Stein und Holz,* insbesondere nach der Theorie Gottfried Sempers, denn hier wie dort verbindet sich die Stereotomie des Steines mit Stabgebilden der Tektonik.

Entscheidet dies aber auch über unser ästhetisches Urteil?

Bei diesem spricht vielmehr ebenfalls schon unser Wissen von der ungeheuren Kraft des Eisens mit und lehrt uns, daß das Verhältnis des Steines zu ihm ein gänzlich anderes ist als zum Holz.

»Stein und Holz« das heißt, daß ein Riese spielend eine leichte Bürde auf sich nimmt; Stein und Eisen — das sind zwei mindestens ebenbürtige Gewalten. Der dünnere Körper ist sogar der stärkere: ein kleiner Eisenmeißel durchbohrt das Felsmassiv.

Etwas von dieser Macht des Eisens wollen wir auch an den Steinformen spüren, die sich mit ihm verbinden. Wo sie mit ihm zusammentreten, müssen sie ihre ganze statische Kraft sammeln, um dem neuen Genossen gewachsen zu bleiben.

Für die Formensprache selbst hat dies ein überraschendes Ergebnis. Nach stilgeschichtlichen Analogien sollte man erwarten, der günstigste Weg zu einer harmonischen Verbindung wäre eine Annäherung des Steines an die Eisenform, also eine Auflösung seiner Masse in stabartige Glieder. In der Tat hielt und hält sich die Steinarchitektur, wo sie zur künstlerischen Begleiterin des Eisenbaues wird, besonders gern an die Gotik, und manches glückliche Werk ist so entstanden. Allein zukunftsvoller erscheint der entgegengesetzte Weg, der nicht eine Annäherung an die Eisengebilde sucht, sondern vielmehr gerade den stofflich und statisch begründeten Gegensatz zu ihnen auch rein formal stark herauszuarbeiten strebt: wo der Stein sein Wesen als Masse und Massigkeit möglichst unverhüllt zur Schau trägt. Selbst in der Rohform fesselt dies. Es ist, als spüre man da auch in der anorganischen Welt etwas von einem Kampf ums Dasein. Nur als Masse kann sich in ihm der Stein neben dem Eisen behaupten. Wo aber seine Form von diesem Bewußtsein gestaltet scheint, da wird der Gegensatz zum Bund, der Stein nimmt an der neuen Größe teil, die das Bauwerk dem Eisen dankt, und aus seiner ureigenen Natur selbst erwächst eine stolz sich selbst genügende Formenschönheit.

Dieser Zeugungsprozeß ist vorerst noch in seinem Beginn. In die Formenwelt der Steinarchitektur mit ihrem tausendjährigen, blühenden Reichtum scheint er eher störend einzugreifen, als fördernd. Seine Gebilde dünken uns oft überhaupt noch nicht künstlerisch, sondern primitiv, im Verhältnis zu den heute vorhandenen Mitteln fast ebenso roh, wie vorhistorische Denkmäler, die wir Cyklopenhänden zuschreiben. Es sind eben erst *Anfänge.*

Denn auch dadurch unterscheidet sich das Verhältnis des Steines zum Eisen von dem zum Holz, daß es mit diesem seit Jahrtausenden, mit dem Eisen erst seit einem Jahrhundert verbunden ist. Holzarchitektur und Steinarchitektur haben sich vom Beginn aller Bautätigkeit an gegenseitig beeinflußt, eine Reihe der wichtigsten Kunstformen des Steines ist zweifellos aus dem Holzbau entstanden und hat dann ein eigenes Leben begonnen. Der Holzbau schritt daneben selbständig vorwärts. Wo sich beide begegneten, konnten sie auf den gemeinsamen Uranfang und auf eine unübersehbare Fülle künstlerischer Möglichkeiten zurückgeifen, beide schon geschmeidigt durch ständige Kreuzung.

Das Eisen aber tritt zum Stein als eine neue Macht hinzu, ungefügig, starr. Dadurch wird auch der Stein zu einem ähnlichen formalen Verhalten gezwungen. Am wirksamsten wird hier nicht die vor allem durch Abstufung und Gliederung

entstandene Zierform, sondern die Kernform, selbst als stereometrischer Elementarkörper. Denn als solcher zeigt der Stein am sinnfälligsten die Eigenschaft, die ihn der Eisenkonstruktion unentbehrlich macht und ihm seine Stelle innerhalb des organischen Bauganzen anweist: seine Widerstandsfähigkeit gegen den Druck.

Dem Eisenbau bietet sie Unterlager und Widerlager.

Der Druck, dem der Stein hier zu begegnen hat, kann vertikal oder schräg gerichtet sein. Danach bestimmt sich auch die Richtung des Steinmassives selbst und insbesondere der Fläche, auf welche der Eisenkörper aufsetzt. Fuß, Pfeiler, Strebepfeiler, Strebemauer — das sind wohl die aus der bisherigen Baukunst dafür bekannten Namen, und wie im reinen Steinbau oder in seiner Verbindung mit dem Holz bedeuten diese Steinkörper auch hier die Überleitung des Druckes auf den Boden. Allein das Gewicht, das diesen Druck ausübt, verkörpert sich in den Eisenkonstruktionen nicht in einem den stützenden, oder sich gegenstemmenden Gliedern homogenen Stoff — wie beim reinen Steinbau — sondern in einem völlig verschiedenen. Es tritt der Stereotomie des Steines stabförmige Tektonik gegenüber, wie beim Holzwerk, aber mit einer unvergleichlich größeren, gleichsam zusammengepreßten Kraft. Demgemäß steigert sich auch die statisch-konstruktive Leistung, die das Steinmassiv als Stütze oder Widerlager eines Eisengerüstes zu übernehmen hat, und in gewissem Sinn verändert sich auch die Form, in der sie es ausübt. Man denke an die Steinpfeiler einer Eisenbrücke, an die Steinfüße einer Eisenhalle oder eines Eisenturmes!

Von sorgsam Schicht für Schicht tief in die Erde eingebettetem Fundamente wird solches Steinmassiv getragen, von dem in die Luft hineinragenden Eisengerüst gepreßt; so ruht es unverrückbar eingespannt zwischen beiden, der statisch zuverlässigste Teil des Baues über dem Baugrund.

Und dieser zuverlässigste Teil gilt der statischen Berechnung als — ein einziger Punkt.

Auch in Wirklichkeit setzt der Druck auf dieses Steinmassiv hier nicht als Masse auf oder an, sondern als Stabwerk und weitaus am häufigsten als eine dünne cylindrische Eisenwalze, die quer zur Richtung des aufsteigenden Gerüstteiles, in die Höhlung eines Eisen-Kastens beweglich gebettet ist. Der Eisenkasten selbst ist in das Steinmassiv eingelassen oder aufgeschraubt. Oder der Stein ist der Boden, an den die ganze Konstruktion verankert ist. Der Name selbst deutet hier das Festigkeitsverhältnis an.

Diese ganze Art, den Druck auf den Steinkörper überzuleiten, ist in der Baukunst neu. Junkturglieder solcher Gattung kannte zuvor nur der Maschinenbau. Wiederum also Motive, die, aus der Konstruktion selbst erwachsen, der künstlerischen Fassung harren und diese sowohl in der Form des Eisenkörpers, wie in der des steinernen Auflagers finden werden.

Bislang zeigt letzteres gerade bei den größten Konstruktionen die einfachste Gestalt des geradflächigen Steinblockes. Im Riesenmaßstab des Eiffelturmes oder der Müngstener Brücke wirkt dies mächtiger als jede Kunstform. Aber auch diese läßt sich unbeschadet der Großheit gewinnen. Ansätze dazu sind bei den Eisenbauten schon zahlreich genug, und die oben erörterte konstruktive und statische Bedeutung dieser Steinmassive selbst weist der Formenphantasie den Weg. Die Doppelbeziehung

einerseits dem Fundament gegenüber als Abschluß, andererseits dem Eisenbau gegenüber als Anfang, das Fußen, Herauswachsen und Anschwellen, das Einbetten, Ausbreiten und Zusammenballen der steinernen Masse, die Konzentrierung ihrer Festigkeit nach dem Ansatzpunkte des Eisengerüstes hin, das Ausstrahlen seines Druckes in den steinernen Körper und auf seine Oberfläche — das alles und noch vieles andere bringt hier künstlerisches Leben. Wie und wo man es packen will, ist Sache der architektonischen Kunst, die dabei im *einzelnen* wiederum in den unerschöpflichen Schatz historisch überlieferter Formen greifen darf, ohne einem leeren Eklektizismus zu verfallen. Davor schützt sie die Eigenart und Großheit der Aufgabe selbst.

Allerdings tritt diese nicht bei jeder Gattung des Eisenbaues mit gleicher Kraft hervor. Absichtlich ging die Erörterung hier vorwiegend von den *Eisenbrücken* aus. In ihnen zeigen sich die Probleme, die der Bund »Stein und Eisen« bringt, am klarsten. Bei ihnen sind es nicht mehr lediglich die uralten Forderungen von Stütze und Last, sondern zugleich auch die der rhythmischen Teilung, der Gliederung, der Einfassung, der Richtungsunterschiede und -übergänge, der freien Endigung und der unfreien Vermittlung.

Das niedrige Steinmassiv, das blockartig die vertikale Eisenstütze trägt oder den schräg gestreckten Eisenbogen aufnimmt, wächst mächtig und wuchtig empor, an den Enden der Brücke wird es zum Brückenkopf, der weithin ins Land blickt, dazwischen zum Strompfeiler, an dem sich die Wellen teilen. Es verlangt Sockel und Krönung, und an seinem Hauptkörper heischt nun die *Gesamtheit* des eisernen Brückengerüstes vom Auflager den gleichen, sinnfälligen Ausdruck der statisch wirksamen Kräfte, der oben im Hinblick auf einen einzigen seiner *Teile* erörtert wurde. Man analysiere in diesem Sinne einmal den Steinpfeiler einer eisernen Kettenbrücke, zunächst einer unversteiften, bei der er nur auf Zug, dann einer schräg versteiften, bei der er an seinem Fuß auch auf einen oft gewaltigen Druck beansprucht wird. Was für eine prachtvolle Aufgabe, dem Steinkörper an dieser Stelle, wo er nach unten hin Abschluß, nach oben hin Sockel ist, wo er der Kette als Stütze und dem schräg versteifenden Stab als Widerlager dient, die rechte, in jedem Sinne ausdrucksvolle Kunstform zu geben!

Und dann den großen Hauptpfeiler, an dem die Brückenbahn mittels der Kette aufgehängt ist, auch sie unverrückbar eingespannt zwischen die Schrägen, aufragend gleich Masten, aber als Träger einer ungeheuren Last. Wiederum gilt es, deren Verteilung auf den Körper anzudeuten, zu zeigen, wo er am stärksten beansprucht ist und wo am schwächsten, zuletzt über den Ketten-Ansatz hinaus die noch übrige Kraft ausklingen zu lassen als freie Endigung. Da reichen die historischen Säulen- und Pfeilertypen wahrlich nicht aus.

Diese Pfeiler bilden in der rhythmischen Bewegung der eisernen Brückenlinien die Haltpunkte zum Ablauf und neuen Anlauf, sie überragen meist die Fahrbahn, sie werden zu Türmchen und Türmen, zu Toren und ganzen Gebäude-Komplexen, zu mehr oder minder wuchtigen, mehr oder minder geteilten, mehr oder minder hohen architektonischen Massen, die als solche und durch ihre Umrisse zusammen mit denen der Eisenbrücke deren Fernbild bestimmen. In vielen Punkten, insbesondere wo es bei Brückenköpfen festungsartige Wehr oder Behausungen für Wart- und Zolldienst zu schaffen gilt, berühren sich die Aufgaben der Steinarchitektur hier mit

solchen, die von jeher ihrem Gebiet angehörten. Im Ganzen aber handelt es sich dabei doch um ein neues Arbeitsfeld, wo neue Kräfte in neuer Art eine neue architektonische Form bereiten.

Ihr künstlerisches Wesen ist Wahrheit und Größe. Nicht nur die statische und konstruktive Notwendigkeit weist hier allen lediglich dekorativen Aufputz zurück, sondern auch unser ästhetisches Gefühl. Wo der Hauptteil des ganzen Bauwerkes jeden Eisenstab und jeden Nietkopf als unentbehrliches und stets kontrollierbares Glied des Gesamtorganismus klar vor Augen stellt, da darf auch der Stein nicht durch leeres Formenspiel die sachlichen Werte verdecken. Wo Eisenarme von Ufer zu Ufer über breite Ströme ungeheure Lasten herübertragen, da muß auch der Steinkörper, der als Stütze zu ihnen gehört, dem gleichen Kräftemaßstab folgen. Der Steinkörper soll hier nicht als dekorative Zutat erscheinen oder als Füllsel, sondern als konstruktiv notwendiges Glied des Ganzen. Seine statische Funktion ist wichtiger als die ästhetische, ein Tor zu bilden. Bei der heut üblichen Ausdehnung der letzteren an den Brücken üben sie sogar den ihrem Wesen entgegengesetzten Einfluß aus: sie öffnen nicht, sondern sperren, die Fahrbahn könnte ohne sie oft breiter und bequemer werden.

Die Brücken sind eine bauliche Welt für sich; diejenigen Teile ihrer Steinarchitektur, die den üblichen Hauptaufgaben am nächsten bleiben, die Gebäude und Türen an den Brückenköpfen, stehen dem konstruktiven Wesen der Brücke selbst, insbesondere der Eisenbrücke, am fernsten.

Aber jene anderen Bau-Aufgaben modernen Lebens, für die das Eisen schon in Folge ihrer Neuheit in noch höherem Grade bestimmend wurde, als für die Brücken, *die Bahnhofshallen, Verkaufshallen, Ausstellungshallen,* führen mitten in das rein architektonische Schaffen hinein. Sie sind sogar in jedem Sinne das Größte, was dieses der Gegenwart bietet. Hier, nicht an Kirchen und Palästen, entscheidet sich das Schicksal unserer Steinarchitektur, unserer Baukunst überhaupt.

Bei diesen Hallen handelt es sich um raumgestaltende Architektur, im gleichen Sinn, in dem dies seit dem Uranfang der Baukunst gilt. Als Bauten stehen sie neben Bauten, meist an großen städtischen Plätzen. Das Anpassungsbedürfnis an die Umgebung wird hier oft stärker, als der Eigenwille des neuen Baues; dessen Äußeres wird überhaupt mehr als solches gewertet, mehr als Schauseite, denn als Haut des Innern. Begreiflich, daß die Steinarchitektur hier noch zäher, als bei den Brücken, an den überlieferten Formen historischer Stilkunst haftet. Bahnhofs- und Ausstellungshallen waren es, vor denen die antiken Säulenreihen und insbesondere die antiken Triumphbögen ihre hergebrachte Macht auch bei der Eisenkonstruktion zuerst geltend machten, in der Baukunst des 19. Jahrhunderts eines der unerfreulichsten Kapitel! Dann trat als tiefere Rechtfertigung für historische Stilkunst der Wunsch hinzu, diese Bahnhöfe und Ausstellungsbauten dem architektonischen Hauptstil ihrer Städte und der Landschaft anzugliedern, sie gleichsam als monumentale Stadtvignetten zu behandeln. Höchst reizvolle Werke sind so entstanden, nur — daß sie zum Wesen der in einem Bahnhof enthaltenen Bauaufgabe eine meist recht lockere, zum Geist seines Hauptteiles, der Eisenhalle, überhaupt keine Beziehung haben.

Aber die Kraft und Schnelligkeit, mit der die neuen Lebensbedingungen des 19. Jahrhunderts sich durchsetzen und überall die alten Formeln sprengen, bewährte

sich auch hier. Die Ansprüche, denen unsere großen Bahnhöfe zu genügen haben, sind in einem halben Jahrhundert mächtiger gesteigert worden, als bei den Kirchenbauten seit einem Jahrtausend. Riesenorganismen wurden es, die ihren Körper dehnten und reckten und zugleich nach dem Gesetz der Zuchtwahl eine Fülle von Raum- und Bauformen aus der vorhandenen Architektur sich angliederten. Für diese mochten sie die hergebrachten Stilformen dulden. Die Betriebsanlagen, die Empfangs- und Verwaltungsgebäude vom Vestibül bis zu den Wartesälen, enthalten Bauprogramme, wie sie ähnlich auch in früheren Perioden fast jedem Stil gestellt wurden. Aber beim Bahnhof sind das nur die Extremitäten. Der Hauptkörper ist der Kern der »Verkehrs-Anlagen«: die glasgedeckte Bahnhofshalle. Bei jedem größeren Bau ist sie heute aus Eisen konstruiert, und dieses Eisengerüst ist im baulichen Gesamtkörper das Rückgrat. Es ist auch der Sitz der Lebensenergie, die, *vom Kräfteumsatz des weltumspannenden Verkehrs genährt,* den Gesamtorganismus erhält.

Durch diese Eisenhalle sollte füglich die architektonische Gesamtgestalt des Bahnhofsgebäudes, auch soweit es Steinbau ist, bestimmt werden. Sie müßte auf diesen dann einen ähnlichen Einfluß üben, wie die eisernen Brückenbogen auf den steinernen Brückenkopf, nur mit einer architektonisch noch weitaus größeren und weiter verzweigten Macht; denn es sind die gewaltigsten Binnenräume, welche die Baukunst kennt. Als Hallen der Mehrzahl nach aus gegliederten Dreigelenkbögen gebildet, die neuerdings meist bis zur Fahrbahn herabreichen, fordern sie vom Stein zunächst wiederum die Unterlage für ihr Eisengerüst. Diese aber ist hier oft die Mauer selbst oder ein Mauerteil. Der Steinbau gibt also dem eisernen Hallengerüst seine Wände. Es sind Einfassungen und Fassaden mit breiten Lichtquellen. Die Vorherrschaft der Längsrichtung und — bei den Kopfstationen — die häufige Ausbildung der einen Schmalseite zur Front ähnelt in Verbindung mit dem Rhythmus der Bogenbinder, die im Mauerwerk außen zwischen den Fenstern als Pfeiler oder Lisenen kenntlich werden können, den Langhauskirchen. An Stelle des Chores tritt aber ein Tor. Und dieser Eingang und Ausgang der Eisenhalle ist dem Wesen des Bahnhofes nach doch eigentlich das Haupttor. Wenn es sich nicht um eine Kopfstation handelt, bleibt auch die gegenüberliegende Schmalseite offen. Dann herrscht also der durch die eiserne Halle gebildete Baukörper uneingeschränkt. In der Tat dürften die Einfassungen dieser Hallentore die ersten Aufgaben sein, an denen die Steinarchitektur der Bahnhöfe in analoger Art, wie das bei den Brücken angedeutet wurde, der Formensprache des Eisens gerecht wird. Wiederum köstliche Aufgaben: diese breiten, hohen Eisenbögen, die bis herab zur Mauerhöhe meist von riesigen, mehr oder weniger gemusterten Glaswänden, den sogenannten »Schürzen«, geschlossen sind, zu umrahmen, oben zu überdachen, zu bekrönen, seitlich mit den Langhauswänden organisch zusammenzuschließen, gegen den Winddruck zu schützen und einzufassen. Das gilt nur für die Formensymbolik selbst. Vollends dann die Bauidee dieser Bahnhofstore, die den Weltverkehr empfangen und hinausgeleiten, monumentale Schlußpunkte ungeheurer Schienenwege, Grenzmarken zwischen dem festen Bezirk und der Weite, zwischen der Ruhe und der Bewegung. —

Und solche Gedanken übertragen sich von den großen Eisenhallen dieser Bahnhöfe und ihrer zum Schienenpfad offenen Tore auch auf die bislang meist allein monumental gestalteten Hauptfronten, die sich der Stadt zuwenden. Durch diese

Stellung selbst werden eine Fülle neuer sachlicher und künstlerischer Bedingungen geschaffen. Auch für diese Front werden die Bahnhöfe zu Schlusspunkten des zu- und abströmenden Verkehrs. Sie empfangen ihn von der Stadt her in ihren Vestibülen, geleiten ihn auf den Kopfsteig an der Haupthalle und verteilen ihn auf diese durch Zugänge zu ihren Schienenwegen. Und gleichzeitig vollzieht sich eine gleichgroße Verkehrsbewegung in umgekehrter Richtung, von der Bahn zur Stadt hin, am Beginn zusammengeschlossen, dann zerteilt und auseinanderflatternd.

Gehört das zum Thema Stein und Eisen? — Doch wohl, denn jene beiden Massenbewegungen selbst führen in unseren Bahnhöfen ständig von einem zum andern. Für die Baukunst zwei ganz verschiedene Welten, denn in der Tat kennt die Architektur keine Baugattung, in der ein einziges Gebäude zwei formal so grundverschiedene Hauptteile vereinte, wie es heute bei unseren großen Bahnhöfen die in Steinarchitektur errichteten Empfangsgebäude und die Eisen-Glas-Hallen des eigentlichen »Bahn-Hofes« sind. Die Aufgabe, hier zu vermitteln, beide Teile als Hälften des einheitlichen Ganzen zu charakterisieren, sie unbeschadet ihrer Eigenart ineinanderwachsen zu lassen zu einem baukünstlerischen Organismus, der als solcher von außen wie im Innern klar zu übersehen ist, — das ist eins der schwersten, zugleich aber auch der lohnendsten Probleme, die sich der Architektur der Zukunft überhaupt bieten. An seiner Lösung muß sowohl das Eisen arbeiten, wie der Stein, und beide sind schon seit einem Menschenalter rüstig am Werk. Auch dabei wird der Stein um so schnellere und wirksamere Erfolge erringen, je mehr er sich der Großheit und Sachlichkeit der Eisenkonstruktion anpaßt, und je mehr er sich *von den stilhistorischen Fesseln befreit.*

Das lehren schon heute vor allem die Fronten der Empfangsgebäude. Wo sie die Eisenhallen unberücksichtigt lassen, bieten sie bei vielem Guten wenig Neues. Auch das Beste — genannt sei nur der neue Bahnhof von Amsterdam und der Gare d'Orléans in Paris — steht auf ausgetretenen Pfaden. Wo jedoch die Eisenhalle über die Grundanlage der Front entschieden hat, beginnt nach den ersten unrichtigen Anfängen eine ihrer neuen Ziele klar bewußte Baukunst, die mit Massen neuer Größe eigenartig schaltet. Unrichtige Anfänge waren auch hier besonders die Übertragungen des antiken Triumphbogen-Motives. Den rechten Weg weist ein Bau wie Schwechtens Anhalter Bahnhof in Berlin. Was eine große, schön geschwungene Flachkurve als Hauptumriß bedeuten kann, hat so kein Bauwerk je zuvor gezeigt. Es ist eine ganz schlichte, im Umriß der Eisenhalle folgende Backsteinwand mit sehr spärlichem Schmuck; die Hauptflächen in neun Backsteinarkaden aufgelöst, die Hauptmasse nur als umrahmende Wand behandelt, die — bezeichnenderweise — vom Scheitelpunkt nach den Kämpfern in fein bemessener Fläche anwächst. Diese ruhige Sachlichkeit, ohne allen Prunk gegeben, ist von vornehmem Adel, und die Linien haben eine ungewöhnliche Feinheit. Man vergleiche diese säulenlose Backsteinfront mit der des Lehrter Bahnhofes in Berlin! Das ist der gewaltige Fortschritt von einem frontalen Vorbau eines Baukörpers zu seinem organischen Ausbau, der ihm keine Maske gibt, sondern ein charaktervolles Haupt.

Auf gleichem Weg steht das steinerne Empfangsgebäude jenes mächtigsten Bahnhofes, den die Eisenhallen bisher geschaffen haben: des Zentralbahnhofes in Frankfurt a. M. des Meisters Eggert. Der Wirkung der Eisenhallen selbst freilich

ist die Steinarchitektur auch hier nicht ebenbürtig, und ihre Verbindung mit ihnen, beziehungsweise mit dem ihnen wie der Nartex der Basilika breit vorgelegten, ebenfalls durch Eisen und Glas gedeckten Kopfsteiges, bleibt der verhältnismäßig schwächste Teil der Lösung. Aber das baukünstlerische Problem ist hier doch mit ungewöhnlicher Kraft und Umsicht erfaßt. Die gewaltige Dreiheit der Eisenbogen kommt an dieser Front stärker zur Geltung als an irgend einer anderen. Flachkurvig ragen sie auf, ruhige, nur geradlinig gegliederte, eisenumrahmte Glaswände. Die Steinarchitektur entfaltet den Reichtum ihrer Renaissanceformen nicht nur *vor* ihnen, sondern *unter* ihnen als niedrige, architektonische Einfassungen und Vorlagen, mit massigen Eckpavillons. Die architektonische Hauptkraft ballt sich in der Mitte zusammen, zu der ganz im Maßstab der Eisenhallen gehaltenen Eingangshalle: vorn ein einziger, von Türmen flankierter Riesenbogen, wie am Anhalter Bahnhof, aber in Sandstein und ungleich reicher, massig groß, auch in den Schmuckformen. Und dennoch verkündet er die Schulung an der Kraft des Eisens. Auch hier nimmt die ornamentale Einfassung des Steinbogens von den Kämpfern zur Mitte hin an Breite ab, er zieht sich also zum Schlußstein zusammen — wie drinnen die eisernen Gelenkbogen der Bahnhallen. In Stein entwickelt ist auch die Frontwand unter ihm, und ebenso die Architektur seiner beiden gleich weit vorspringenden niedrigen Anbauten, ebenso dann die weit zurückliegenden Flügel. Aber überall rechnet der Stein hier mit mächtigen, rhythmischen Öffnungen, baut seine architektonischen Gebilde in sie hinein, unterhalb der steinernen Bögen *rings* von Glaswänden eingefaßt und Glaswände zwischen sich nehmend. Vollends die Stirnwand der großen Eingangshalle ist oberhalb des horizontalen Abschlusses der Eingangsarkaden bis zum Bogenrand lediglich durch zwei stärkere und sechs schwächere vertikale Steinpfeiler geteilt; zwischen ihnen nur Glas. So wird dieser Hauptbogen des Empfangsgebäudes zum monumentalen, steinernen Gegenstück jener »Eisenschürze«, die in der gleichen Achse die Züge aus der mittleren Bahnhalle entläßt, und analog spürt man in dieser ganzen Steinfront trotz ihrer monumentalen Wucht die raumöffnende Macht der Eisenkonstruktion, deren Gerüst- und Rahmenstil. —

In diesem Sinne möge Eggerts Front hier viele verwandte Schöpfungen der Steinarchitektur kennzeichnen, die innerhalb dieses Buches das Thema »Stein und Eisen« verkörpern. Neben den Bahnhöfen sind es vor allem Ausstellungsgebäude und Warenhäuser. Das Gemeinsame im Bauprogramm aller dieser Baugattungen ist — abgesehen von der »Idee« des räumlichen und sachlichen Austausches von Werten — insbesondere die Übersichtlichkeit und die Helligkeit, die neuen Hilfskräfte, die dem Steinbau beides in unvergleichlichem Maße ermöglichen, sind Eisen und Glas. Der Stein wird für sie dann oft nur zum Gerüst, vor allem zum Vertikalgerüst, zwischen das der eiserne Träger seine Balken und das Glas seine Wände spannt. Das bedeutet also innerhalb des Steinbaues Entmaterialisierung und Vertikalismus, einen Anklang an die Gotik.

Solche Anklänge an historische Baustile wirken hier nicht selten als ein Ausgleich stilgeschichtlicher Gegensätze. So verbinden sich in diesen Fronten sogar Elemente des gotischen Gliederbaues mit Formen des romanischen Massenbaues und des Barock.

Man spürt, daß der Stein da noch um die rechten Formen ringt, daß er dabei unwillkürlich zu solchen greift, die unter ähnlichen Bedingungen bereits in früheren

Perioden entstanden: ein unbewußter Hinweis auf den ewigen Zusammenhang, den das Gesetz von Mittel und Zweck im Reiche der Baustoffe wahrt.

Dieser innere Zusammenhang mit dem Überkommenen ist freilich etwas ganz anderes, als das Streben nach historischer Stilechtheit. Er wird den Steinformen auch bleiben, wenn dereinst aus dem Bunde »Stein und Eisen« der neue *Baustil* erwächst, »geboren wie ein Kind, an das seine Eltern kaum dachten«.[1]

2. Eisen und Zement.

Von dem einfachen Gedanken, den im feuchten Zustand bildsamen, nach dem Brande festen Ton als Ziegel zu formen, ging eine neue Gattung der Baukunst aus. Der Ziegel ist ein künstlicher Baustein. Die regelmäßige Form, in die der Stein erst mühevoll durch Hammer und Meißel gebracht werden muß, erhält der Ziegel bei seiner Herstellung. Er ist unter allen Baustoffen der gefügigste, oder vielmehr: er *war* es bis etwa zur Mitte des neunzehnten Jahrhunderts.

Seitdem macht ihm eine andere künstliche Steinmasse diesen Rang streitig. Sie dringt nur langsam vor, in ihrer Kraft vorerst nur von den Fachkreisen erkannt; sie bleibt auch noch fast ganz jenseits der Grenzen, bei denen sich die künstlerische Bauform von der technischen scheidet. Allein es ist vielleicht nicht zu kühn, ihr schon jetzt eine Zukunft vorauszusagen, die in der Baukunst mit der Bedeutung des Backsteins verglichen werden kann.

Diese neue künstliche Steinmasse ist der *Beton* und *Zement*.

Sie wurde nicht so einfach gefunden, wie der Ziegel. Der Rohstoff selbst wurde von Wissenschaft und Technik, die bei ihrer rastlosen Arbeit die Schaffensart der Natur zu ergründen, selbst vor dem Stein nicht Halt machte, erst nach vielen Versuchen zielbewußt gemischt, und mehr und mehr vervollkommnet.

Ihr Vorgänger war der mortier de plâtre, der bei Eisenkonstruktionen schon früh als leichte feuersichere Füllmasse des Metallnetzes diente.[2] Das waren also dünne Gußgewölbe und Gußdecken in Eisenarmierung.

Aber dieses Material hatte manche Nachteile, vor allem ist es nicht unveränderlich wie der Stein.

Doch auch darin ward dieser bis zu einem gewissen Grade erreicht, und diese für den Eisenbau besonders wichtige Errungenschaft wird wiederum der Sorge für die Pflanzen und einem Gärtner verdankt, dessen Name dadurch viel verbreiteter wurde als der Paxton's: dem Franzosen Monier.[3] Er suchte für die Wasserröhren der Gewächshäuser eine dem Winterfrost widerstehende Masse. Der nach ihm benannte Monier-Zement wird in flüssigem Zustand verwendet, dann aber steinhart unangreifbar gegen Frost und Hitze. Und gerade zum Eisen gewinnt diese Masse ein ungewöhnliches Verhältnis. Einmal mit ihm verbunden, bleibt sie von ihm unzertrennlich. Der Monier-Zement läßt sich von seinem Eisennetz nur durch

---

[1] Friedrich Naumann, die Kunst im Zeitalter der Maschine. Ein Vortrag. Kunstwart 1904, 17. Jahrgang, Heft 20.

[2] So schon um 1840 an der Kuppel der Ancienne Salle des Députés in Paris; 1842: Bibliothek Ste. Geneviève; Stülers »Neues Museum«, Gewölbe über dem Saal der Glyptik.

[3] Vergl. Wayß, Das System Monier 1887.

Zerstückeln trennen. Eisen- und Metallnetze geben ihm Halt, aber nicht wie die Knochen dem Fleisch. Er wird dem Eisen vielmehr an Härte verwandt und bringt ihm dabei außerordentliche konstruktive Vorteile. Zur Widerstandsfähigkeit des Zements gegen Druck gesellt sich die Widerstandsfähigkeit des Eisens gegen Zug, und der stärksten Eisenstütze bringt die Zementummantelung erst ihre volle konstruktive Zuverlässigkeit. Denn jene gilt nur fälschlich als feuersicher: in der Hitze eines Brandes biegt sie sich unter ihrer Last. Gegen diesen Angriff schützt sie der Zement, und so wird sein Mantel dem Eisen zu einem feuersicheren Panzer.

Beton und Zement haben keine bestimmte Form. Ihre Bedeutung für das Bauen besteht vielmehr darin, daß sie eine Form überhaupt nicht besitzen, wohl aber eine unbegrenzte Formfähigkeit.

Sie lassen sich in flüssigem Zustand gießen und erhärten dann. Die Festigkeit des Ziegels ist an bestimmte kleine Maße gebunden — die ihre ist unbeschränkt.

In ähnlicher Weise hatte einst die Baukunst der Römer die natürlichen Gemenge von Bruchsteinen, Erde und Mörtel zu ihren ungeheuren Gußgewölben verbunden. Aber diese bedurften zur Haltbarkeit gewaltiger Masse. Auch dieser können die Beton- und Zementgebilde, namentlich die Verbindung mit Eisen, entraten. So zäh halten sie zusammen, daß sie selbst bei sehr geringem Querschnitt »halten«.

Solch verhärteter Guß ähnelt dem *Metall*. Aber er ist weniger kostbar als dieses, denn er verdankt seine Haltbarkeit und Tragfähigkeit geringwertigem, in unbegrenzter Fülle vorhandenem Rohstoffe; so recht ein Beispiel für die Wertsteigerung, die durch Wissenschaft und Technik im neunzehnten Jahrhundert möglich wurde. Und auch so recht ein Beispiel für die unbegrenzten Möglichkeiten, die sich auf diesem Wege gerade für das Bauen zeigen. Aus Beton kann man heut Stützen und Decken, tragfähige Flächen und Gewölbe, Brücken und Gebäude errichten.

Das ist ein unschätzbarer Vorteil, aber auch eine große Gefahr. — Der Backstein enthielt gerade durch die Sprödigkeit seines Maßes und seiner Form sein stilistisches Gesetz. Aus der Beschränkung erwuchs hier die stilistische Meisterschaft. Beton und Zement fließen in jegliche Form, sie fügen sich jedem Formenwillen. Um so stärker muß dieser sein, wenn er ihnen »Stil« geben will. In diesem Sinn ist gerade diesem neuen Baustoff in der ersten Periode überströmender Kraft die harte Zucht zu wünschen, die sie in feste Bahn leitet. Diese aber bringt ihm das Eisen. Das Eisengerüst wird oft ganz von der Zementmasse verdeckt, wie der Eisenträger *im* Mauerwerk. Aber es kann auch als *Gerüst* sichtbar bleiben, in freiem Linienspiel das Fachwerks, dem der Beton dann die füllende Fläche gibt. Auch das führt formal im Bau zu einer Fülle neuer Möglichkeiten — sowohl für die Gesamtgestalt des Baukörpers und seiner Glieder, wie auch für deren Schmuck, der der Kernform dann unmittelbar angegossen werden kann. Gegossener Stein im gewalzten Eisen. Ist das nicht auch ein mächtiges Geschöpf aus dem neuen Bunde zwischen Wissenschaft und Technik, im Wettstreit mit der Allmutter Natur?

3. Eisen und Glas.

Die ersten Mauern waren Werke der Notwehr. Auch die Friedensstätten, Heiligtum und Grab, bedurften zunächst dieses Schutzes. Je stärker er war, um so besser. Allmählich aber ersetzten sie das äußerliche Bollwerk durch die

eigene Weihe. Größer und größer ward ihr Abstand von den Bauten, die über ihre Sicherheit wachten; mehr und mehr entschwand auch aus ihnen selbst das Wehrhafte.

Man könnte nach diesem Gesichtspunkt eine Rangfolge der Tempel und Kirchen aufstellen: von der dräuenden Abgeschlossenheit ägyptischer Heiligtümer zum offenen hellenischen Säulenhaus, von der Trotzigkeit romanischer Landkirchen, die in kriegerischer Zeit der ganzen Umgebung als Zuflucht dienten, bis zur freien Leichtigkeit, mit der die gotische Kathedrale emporsteigt.

Das äußere Zeichen für diese Wandlungen ist die Stärke der Mauern. Ihre wachsende Durchbrechung bedeutet die wachsende Sicherheit ihrer Stätte.

Von gleicher Beredtsamkeit wie die Maueröffnung selbst ist in diesem Sinn ihr Ersatz durch das *Glas*. Jemehr Fläche es innerhalb der Mauer gewinnt, um so offener verkündet es, daß das Innere keines Schutzes vor der Außenwelt benötigt, daß es zu ihr herausblicken und ihr Licht auf sich lenken will.

Als *farblose* Scheibe öffnet die Glasfläche den Raum dem Auge, in Verbindung mit dem *Eisengerüst* bringt sie ihm neue Helle. Dieser neue Raumwert ward am Londoner Kristallpalast erörtert.

Jahrhunderte vor ihm aber wurde die Glaswand noch in anderem Sinne zum Zeichen selbstsicheren Friedens. Auch den mittelalterlichen Kirchenraum öffnete sie, aber nicht der farblosen Helle, sondern einer Farbenwelt von mystischer Tiefe. Von außen sieht man sie nicht. Dort scheint sie ein Gemenge mattfarbiger, in Blei gefaßter Platten und Plättchen, nicht einmal durchsichtig. Ihr Leben wendet sich nach innen. Vor die Außenwelt breitet sie Farbenteppiche, gewirkt wie aus strahlenden Edelsteinen, Bilder, in denen sich die Gestalten der christlichen Heils- und Heiligenlehre verkörpern wie zu einer lebendigen Wehr.

Die Zuflucht, die diese Glaswände bieten, hat nichts mehr gemein mit der, die hinter Mauern gesucht wird. —

Auch diese schirmende Macht der farbigen Kirchenfenster sank mit der der mittelalterlichen Kirche. Heute bedarf die Stätte der Andacht nicht einmal mehr der gemalten Sinnbilder. Weltenferne und Gottesnähe findet der Mensch nur im Frieden mit sich selbst. —

Allein an befreiender Schönheit und weihevoller Kraft hat das farbige Glasbild auch für diese Überzeugung nichts eingebüßt. Das weiß, wer jemals in der von Burne Jones und William Morris mit den Glasfenstern der »Schöpfungs-Tage« geschmückten Kapelle des New-College in Oxford geweilt hat.

Und dort, an einem Sonntagmorgen, wenn Orgelklang und Choräle diesen Raum durchziehen, erblickt das träumerische Auge, das kurz zuvor die Westminster-Abtei und den Kristallpalast sah, wohl auch heute wieder in ferner, ferner Zukunft einen Wunderbau — einen Gralstempel neuer Art. Dem Geiste der Schwere entrückt, wachsen seine Steinmauern in farbige Glaswände hinein. Das Eisengerüst, das diese umrahmt, wirkt nur als Liniengebilde zwischen durchleuchteten Farben. Die ganze Gestalt des Baues ist neu, leichter als je zuvor und doch fest; lichter und doch voll Farbenglut. Er birgt allen Formenadel und alle Linienharmonie, die je in heilige Stätten gebannt wurden, und der farbige Glanz, der ihn umschließend bekrönt, wird zu Gestalten von vertrauter und doch nie gesehener Hehre.

Eine neue Menschheit wallfahrtet zu diesem Bau, mit einem neuen Glauben an die alte Verheißung: »Friede auf Erden!« —

* * *

Um den Weg zu erkennen, den der Eisenbau als Rahmen farbiger Glaswände der dekorativen Kunst eröffnet, bedarf es jedoch nicht mehr des Phantasiespieles. Zahlreich standen und stehen Kunstwerke dieser Art schon verwirklicht vor Augen. Vor allem als *Raumdecken* über Sälen und Hallen mannigfacher Art und Bestimmung, insbesondere über Lichthöfen und Treppenhäusern monumentaler Gebäude. Ungedämpft ist das Oberlicht dort nur selten willkommen; Kälte und Hitze verlangen stärkere Abwehr, als durch eine einzige Glasschicht. Das bietet meist ein zweites Glasdach, das sich — den Außenumriß des Baues bestimmend — über der eigentlichen gläsernen Raumdceke erhebt. Von ihm geschützt, kann sie sich nun in den auch selbst am eisernen Dachstuhl oder Kuppelgerüst aufgehängten Eisenrahmen schmiegen und so das künstlerische Leben der mittelalterlichen Glasfenster erneuen. Ja, diese Glasmosaiken an den Decken leuchten auch ohne Tageshelle. Der Raum über ihnen bis zum zweiten Glasdach kann künstliches Licht spenden, vor allem das elektrische Licht, und damit große, neue koloristische Wirkungen. Dem Muster bietet sich als nächster Anhalt das Motiv des ausgespannten Zeltteppichs. In der älteren Architektenschule, besonders soweit sie in Deutschland streng den Lehren Carl Böttichers folgte, wurden diese »Oberlichter« meist ornamental als »Velarien« ausgebildet. Eines der feinsten Werke dieser Art ist das über dem Lichthof des Berliner Kunstgewerbe-Museums (1877—81) von Böttichers begabtestem Nachfolger Martin Gropius; härter in der Gesamthaltung Corroyer's Glasdecke über dem Comptoir d'Escompte in Paris (1879—83).[1] (Abb. 65.) Verwandte Lösungen finden sich zahlreich auch über quadratischen und kreisrunden Räumen, dort naturgemäß mit zentraler Gliederung. Schon jetzt aber führt der

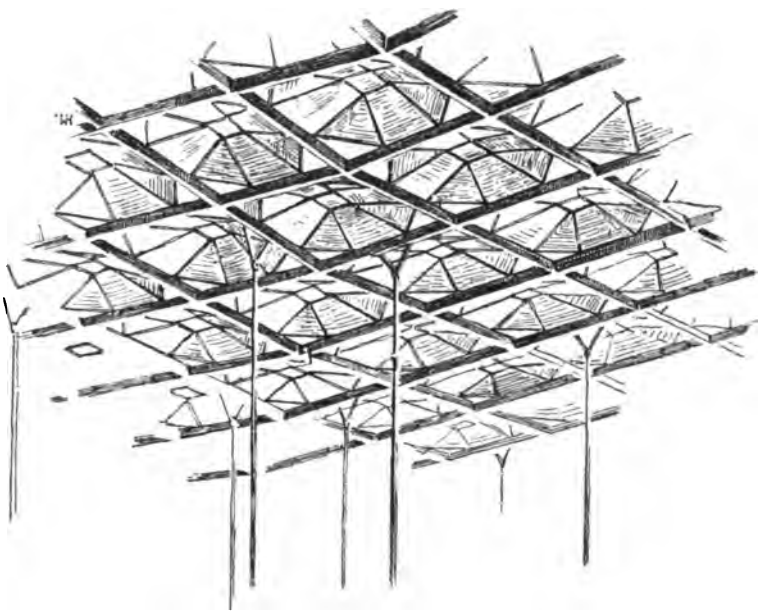


Abb. 65. Glasdecke über dem Comptoir d'Escompte in Paris.

[1] Vergl. Vierendeel a. a. O. Pl. 112, Fig. 14, 15, 16.

Schmuck dieser Oberlichter über das Ornamentale hinaus zum Figürlichen, und von den früher bevorzugten Mattfarben zu reichen Farbensymphonien. Eine neue Plafonddekoration ist hier im Werden. Der althellenischen Kassettendecke, die aus dem Stein-Balken-Bau entstand, bleibt sie höchstens bei quadratischer Zeichnung des Eisennetzes verwandt. Auch das Zeltmotiv darf nicht dauernd binden. Der Eisenrahmen bewährt auch hier seine Anpassungsfähigkeit an jede Zeichnung, und für die Untersicht kann ihn der farbige Lichtreflex ganz überstrahlen. Die Glasdecke wird zum Feld freier Phantasiekunst. Eine Vorstellung davon gab selbst schon die große, farbig strahlende Riesensonne über der ungeheuren Rotunde, die Raulin 1900 als Festsaal in die Maschinenhalle in Paris eingebaut hatte. Doch da fehlte das Figürliche. Die Zukunft wird zweifellos diese Oberlichter oft als Glasgemälde behandeln, und in ihrer tieferen koloristischen Glut werden sie dann jene schönheitsfrohe Welt fortsetzen, die einst die Frescomalerei an den Kuppelgewölben hervorgezaubert hat.

Ähnlich wie an den Decken auch an den *Wänden*. Das ist dann allerdings lediglich eine Anknüpfung an die Gotik. Von einem Raum wie der »Sainte Chapelle« in Paris, der trotz der Steinpfeiler rings fast schon ausschließlich von farbigen Glaswänden umgeben scheint, bis zur Einspannung derselben in ein Eisengerüst ist nur ein geringer Schritt.

Er geschah längst und hat schon heut zu künstlerischen Leistungen ersten Ranges geführt. Am eigenartigsten wirken sie natürlich im neuen, erst durch das Eisen geschaffenen Größenmaßstab der Glasfläche. Auch darin steht die Pariser Maschinenhalle von 1889 voran. Ihre Schmalseiten — sie haben noch eine Breite von über 100 m! — bestanden oberhalb der Eingänge bis zum Spitzbogen aus Glaswänden in einem Eisengerüst. Nach der Avenue Suffren hin, wo im Innern die große Freitreppe emporführte, bildete dieses Gerüst wenigstens unten in der Tat eine fortlaufende Reihe gotisierender eiserner Spitzbogen-Arkaden in bunteren Farben, darüber aber ragte die Hauptwand hell, in großer, ganz schlichter quadratischer Gliederung auf. Ein ähnlicher Gegensatz war an der gegenüberliegenden Seite, der Hauptfront nach der Avenue Labourdonnais, durchgeführt, dort aber weit bedeutender und eigenartiger. Unter dem ungeheuren Spitzbogen der Halle schuf das Eisengerüst dort ein dem Mittelgange entsprechendes Rundbogentor, eingefaßt durch einen Flachbogen mit radialer Gliederung. Die Rundbogenlünette über den drei Portalen hell, in ein quadratisches Gitterwerk mit Mittelkreuzen geteilt, fast antik gedacht; dann aber der Bogen darüber ein breiter Fries mit bunten, radial gestellten Wappenschilden, nach außen leicht ausstrahlend. Und diese ganze gläserne Portalwand mit ihren feinen Doppelbögen eingefaßt von der hellen Glaswand, die, nur geradlinig geteilt, die riesenhafte Fläche des Hallenbogens füllt.

Denkt man sich die letztere unten offen, so gleicht sie der »Schürze« der Bahnhofshallen. Sie kann daher den Weg zeigen, auch diesen größten »Glaswänden« einen farbigen Schmuck zu geben. Es bedarf dazu dort keineswegs reicher Zeichnung und großen Aufwandes. Schon einige farbige Streifen und Teilungen genügen, wie solche beispielsweise an der Schürze des Dresdener Zentralbahnhofes eingefügt sind. Je ruhiger die Farbenstreifen hier bleiben, um so besser. Und gerade bei diesen »Schürzen« der Bahnhofshallen reizt der ornamentale Gedanke zu »Vorhängen.« —

Öfter aber handelt es sich bei den Eisenbauten um *Wände*, die vom Boden an aufsteigen. In Verbindung mit dem Glas bilden sie vollständige Fronten. Wiederum ward hier vor allem bei Ausstellungsbauten schon das freieste Phantasiespiel verwirklicht. Wer erinnert sich da nicht jener Wand aus Eisen und Glas, die 1900 in Paris den Innenabschluß des Marsfeldes vor der Elektrizitätshalle bildete! Mit ihrem breiten, flachen, in der Mitte aufwärtsgebogenen Kurvenumriß, von den Eisenpfeilern nur eben durchschnitten, an jenem Mittelteil von Türmchen nur luftig flankiert und gekrönt, aber am ganzen Rand durch Zinkornamente filigranartig aufgelöst, glich sie einem ungeheuren und doch zierlichen Diadem; und die strahlende Farbenpracht der Edelsteine gab diesem das jede Öffnung füllende, bunte Glas. So leuchtete diese Wand am Tage, und vollends dann des Nachts, wenn der Draht in alle die Tausende ihrer bunten Glaskörper das elektrische Licht mit wechselnden Farben trug, über den farbigen Wasserstürzen märchenhaft auf. Das war nur eine Kulissenwand, ein glücklicher Theatercoup. Aber man brauchte nur diesen Teil der ganzen Front des Chateau d'Eau mit seinem Unterbau, den Stein- und Stuck-Arkaden und besonders mit dem wild bewegten Gipswerk seiner riesigen Mittelnische über der Kaskade zu vergleichen, um zu erkennen, wieviel gesunde künstlerische Kraft und wieviel neue Wirkung hier der Dreibund Eisen, Glas und Licht, gebracht hat. Selbst Binets am Tage wenig anziehende »porte monumentale« erhielt bei Dunkelheit durch ihre farbig leuchtenden Glaskörper einen Zug künstlerischer Phantastik. —

Nicht auf den Theater-Effekten einer Weltausstellung darf die Zukunft der Glasdekoration im Eisenrahmen beruhen. Allein wenn anders die Baukunst der Zukunft bei Stätten idealen Lebensgenusses oder festlicher Weihe überhaupt nach neuen Mitteln der Dekoration greifen wird, kann sie beim Eisenbau die Wunder der Glasmasse nicht ungenutzt lassen. Von alters her ist der Gedanke, Mauern aus leuchtendem Gestein zu errichten, rege gewesen.

Die Wände aus Edelsteine
Lauter unde reine —

so singen die Minnesänger, und in der Kapelle der Burg Carlstein in Böhmen hat die Verkleidung der Wände dies bereits verwirklicht — ebenso in den Grotten der Fürstenschlösser des 18. Jahrhunderts. Dort sind Halbedelsteine in die Mauern eingelassen. Es fehlt also die Möglichkeit, sie zu durchleuchten. Diese bietet die Glasmasse, die gepreßten Glassteine, die Luxfer-Prismen, vor allem aber die Glaskunst Tiffanys. Der Glaspavillon auf der Pariser Weltausstellung 1900 war eine Spielerei. Wenn feuerfeste Glassteine jedoch im eisernen Fachwerkbau die Rolle der Backsteine übernehmen, sind ernste künstlerische Wirkungen möglich, von denen die frühere Zeit nur in Märchen geträumt hat.

4. Eisen und Terracotta.

Das »Fachwerk«, ein Stabgerüst, dessen Öffnungen auszufüllen sind — diese bezeichnendste Form des Eisenbaues weist auch den übrigen Baustoffen ihre Aufgabe zu.[1] Unter denen, die dabei neue Bedeutung für die Dekoration gewinnen können, steht neben dem Glas die *Terracotta*.

[1] Borrmann, die Keramik in der Baukunst. Stuttgart 1897.

Ihre Geschichte in der Baukunst reicht Jahrtausende weiter zurück als die des Glases. Die Baukeramik als Mosaik glasierter Tonplatten beginnt in Altägypten, nachweislich fünfzehnhundert Jahre v. Chr. In den babylonischen, assyrischen und persischen Palästen bestreitet sie den vornehmsten Wandschmuck. Glasierte Fliesen sind es, welche uns dort die farbenreichsten Bilder dieser großen altorientalischen Kulturen erhielten. Neben dieser Bedeutung tritt selbst das in gleicher Technik ausgeführte Ornamentenmuster zurück. Die zweite Glanzzeit der Fliesen in der gesamten orientalischen Welt seit dem Mittelalter ist dann von Gedankenkreisen, die einer fremden, vergangenen Welt angehörten, völlig losgelöst. Sie bleibt rein ornamental, ein Flächenmuster aus Farben und Linien, dessen künstlerischer Reiz der tiefsten Quelle orientalischen Kunstempfindens entstammt, aber zu jeder Zeit spricht. Das Abendland, das der keramischen Masse im Ziegel architektonische und in Relief-Formen plastische Wirkungen entnahm, blieb bei seiner Ausnutzung als farbiger Flächenschmuck hinter dem Orient bisher völlig zurück. Wo es die farbig glasierte Tonfliese überhaupt verwertete, folgte es ihm, lernte ihm mühsam seine Technik ab und bildete meist auch seine Muster nach. Selbständig verfuhr es dabei nur selten.

Im Orient wie im Abendland war die Verwendung der Fliese als Bauschmuck ein Verkleiden der vollen Wand mit dem Fliesenmosaik. Vor das Mauerwerk aus Steinen oder Ziegeln legt sich die Fliesenschicht mit dem Kernmauerwerk im Orient meist nur durch Mörtel verbunden. Das war also ein Vorblenden oder Verblenden, eine Verkleidung des minderwertigen Kernbaues: ein »Inkrustieren«. Im abendländischen Ziegelbau erhalten einzelne in der Gesamtfläche als ornamentale Muster wirkende oder zu solchen zusammengestellte Ziegel-Schichten farbige Glasuren. Das war also ein Mauern im Verband, zum mindesten ein »Einlegen« des Musters in die Fläche: ein Intarsiieren.

Mit diesen beiden Verfahren hat der Gerüststil des Eisens, sobald er sich der Fliesen bedient, nichts gemein. Er benutzt die Fliese vielmehr als Ausfüllung seiner Felder, wie der Fachwerkbau den Backstein benutzt.

Mehr oder weniger verziert tritt die gebrannte Tonplatte bereits als Füllung bei eisernen Deckenkonstruktionen auf, sowohl bei Flachdecken, wie bei Gewölben, wo sie als verhältnismäßig feuerfester Stoff besonders willkommen ist.[1] Die Eisenstäbe bilden dann Balken und ein rostartiges Gerüst. Solange dasselbe rechtwinkelig bleibt, handelt es sich dabei technisch wie ornamental um das alte Kassetten-Motiv, das mit Hilfe plastisch reich modellierter, vielfarbiger, glasierter Terracotta-Platten ungemein reich durchgeführt werden kann. Aber wie bei den Oberlichten läßt sich der Eisenrahmen in seinen tragenden Hauptlinien wie auch in deren Verbindungsstegen nach beliebigem Muster anordnen, und die »Maschen« dieses Eisennetzes sind, wie durch farbiges, durchsichtiges Glas, so auch durch farbige undurchsichtige, aber dafür leicht reliefierte Terracotta-Platten mit abgepaßten Mustern zu schließen.

Schon Labrouste hat die Eisengerüste seiner Hängekuppeln im Lesesaal der Pariser National-Bibliothek mit solchen blau glasierten Fliesen ausgefüllt. Die inneren Ge-

[1] Vergl. Vierendeel a. a. O. Cap. IX. Remplissages incombustibles pour voûtes et plafonds à ossatures métalliques.

wölbe- und Kuppelschalen öffnen der farbigen Flachdekoration hier ein vielversprechendes Feld. Anfänge dieser Art hat an gleichen Stellen bereits die Terracottakunst der della Robbia geboten.[1] Immerhin also wäre das kein Neues, und noch weniger bei den Plafonds und Flachdecken, wo die Schöpfungen der Renaissance-Schnitzerei von der Terracotta nur durch die glänzende Vielfarbigkeit übertroffen werden können.

Anders bei den *Mauern* und *Wänden*, besonders am Äußeren der Bauten.

Für die uralte Fachwerkwand beginnt mit dem Eisen eine neue Zukunft. Ihr Gerüst vermag auch hier jede Linienführung zu verkörpern, vor allem — dem bisher herrschenden Holz gegenüber — die Kurve an sich in Verbindung mit den Geraden und mit ihresgleichen in unerschöpflichen Linienmustern zu neuer Geltung zu bringen. Und wenn die von diesem Eisengerüst gebildeten Felder nun mit glasierten Terracottaplatten geschlossen werden, entstehen feste, feuersichere Wände, deren Flächenschmuck die Rolle der Fliesen, deren Reliefschmuck die der Ton- und Marmorreliefs vielversprechend erneut.

Am eindrucksvollsten geschah dies wiederum auf einer Pariser Weltausstellung. 1878 erhielt das früher geschilderte Eisengerüst des Vestibule d'Jéna an seinen langgestreckten Wänden und besonders an seinen Eck- und Mittel-Pavillons seinen vielbewunderten, farbenprächtigen Wandschmuck neben dem Glas durch die Terracotta-Platten des seitdem besonders berühmten Keramikers *Deck*.

[1] Z. B. in der Vorhalle und Wölbung der Pazzikapelle in Florenz, ferner in der Kapelle des Kardinals von Portugal in S. Miniato bei Florenz und in der Capp. di S. Giovanni in S. Giobbe in Venedig.

VIERTES BUCH.

KUNSTFORMEN.

VON

WILHELM FREIHERR VON TETTAU.

I.

DIE ÆSTHETIK DES GUSSEISENS.

Die architektonische Kunstform ist die Veredelung der technischen Konstruktion mit den Mitteln ihres Baustoffes. So auch beim Eisen.

Rein äußerliche Dekorationen also, wie sie diesem vielfach angeheftet wurden, haben naturgemäß einen technisch-stilistischen Wert überhaupt nicht. Dennoch werden wir eine Reihe solcher Versuche im Folgenden berühren müssen, da ohne dieselben ein Bild der historischen Entwicklung der Eisenformen nicht möglich wäre.

Der Stilcharakter des Eisens als Baustoff liegt in seinen Eigenschaften als Metall und — gegenüber den Metallen, die im Kunstgewerbe eine Rolle spielen — in seiner ganz besonderen, im wesentlichen maschinellen Bearbeitungsweise, welche scheinbar jede Harmonie mit den Formen anderer Materialien verleugnet.

Und doch ist dem nicht so. Das Eisen hat nur seine eigene Formensprache, nicht aber seinen eigenen Stil. Es verhält sich analog den Holz- oder Backsteinbauten des Mittelalters und der Renaissance, die beide mit den gleichzeitigen Werkstein- und Putzbauten nur eine ganz äußerliche Verwandtschaft aufweisen, während ihre eigentlichen architektonischen Formen zu gleicher Zeit und an gleichem Orte in schroffstem Gegensatze zu einander standen. Diese Gegensätze, deren Wurzel in der Technik liegt, bilden häufig gerade den höchsten Reiz malerisch gruppierter Bauten. Daß aber das Eisen auch seine Eigenart gewahrt wissen wollte, ist lange als eine unerhörte Forderung mißachtet worden. Ganz unmerklich haben sich trotzdem seine Formen in unser Schönheitsempfinden eingeschlichen, welches sich heute der schmucklosen Grazie moderner Instrumente, Maschinen, Schiffe und dergl. angepaßt hat und so weit geht, die ckarakteristischen Kurven des »Maschinenstils« auch auf die Bearbeitung gänzlich anders gearteter Stoffe wie z. B. des Holzes auszudehnen.

Daß zur ästhetischen Bewältigung des spröden Stoffes und seiner neuartigen Konstruktionen allerdings eine Epoche außergewöhnlicher, künstlerischer Kraft gehörte, muß von vornherein zugegeben werden.

Die Entwürfe der Großkonstruktionen sowohl wie der Einzelformen stellen wie bei allen anderen Werken der Architektur eine *künstlerische* Tat dar, die sich wissenschaftlich nicht durchführen läßt. Der Baugedanke muß mit allen Einzelheiten im Geiste des Schöpfers vorhanden sein, ehe er sich rechnerisch auf seine Ausführbarkeit und die Dimensionierung des Eisens prüfen läßt. Dabei steht aber dem Künstler an Brückensystemen und Binderformen mehr zur Verfügung, als uns die historischen Perioden Gewölbe und sonstige Deckenkonstruktionen hinterlassen haben, und in der Nuancierung der Linienführung ist er fast unbeschränkt. Trotz dieser großen Freiheit aber war der Erfolg der ästhetischen Arbeit lange Zeit ein relativ geringer in

der Hauptsache deshalb, weil dieselbe von der rein äußerlichen Dekoration ausging, anstatt die struktiven Eigenschaften, die technische Herstellungsweise und die eigentlichen Konstruktionsformen des Eisens für ihr Schaffen zum Ausgangspunkte zu machen. Nur Maschinenkraft vermag diese Massen zu formen. Der Maschine also hat sich der Künstler zu fügen, und der Beschauer, der sein Schaffen auf sich wirken lassen will, mag sich frei machen von dem Joche überkommener Ideale einer gänzlich anderen Welt.

1. Beispiele historischer Auffassung.

Das Eisen wurde seiner Bestimmung als Baustoff zu einer Zeit geboren, die völlig von antiken Erinnerungen beherrscht wurde, jedoch nicht von der Größe der klassischen Welt, sondern allein von ihren *äußeren* Formen. So wurde es schwer, den neuen Baustoff richtig zu erfassen, zumal das zu Anfang hauptsächlich verwandte *Gußeisen* die Anpassung an antike Vorbilder sehr erleichterte, und er galt zunächst lange Zeit als Surrogat für »echte« Konstruktionen oder mußte sich klassischen Formen fügen, die aus der Technik des Holzes und Steines entwickelt waren.

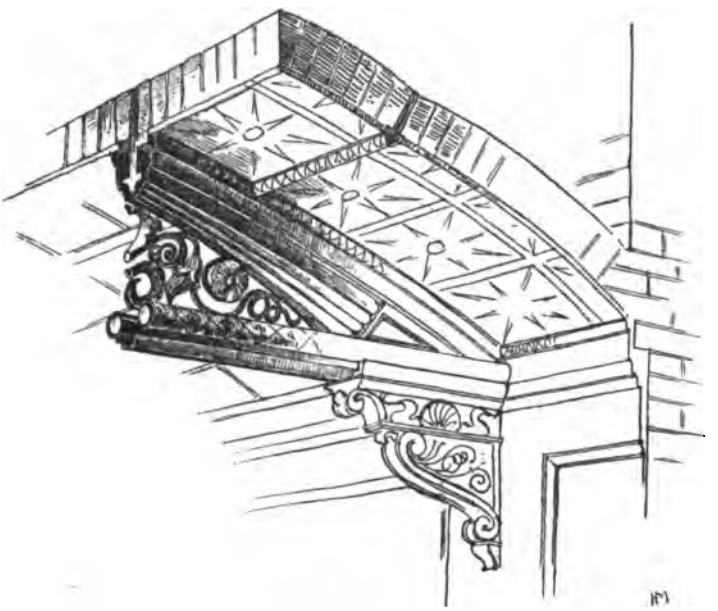


Abb. 66. Perspektivischer Schnitt durch ein Hängewerk im Neuen Museum zu Berlin.

Im *Neuen Museum* zu Berlin, von *Stüler* in den Jahren 1841—45 erbaut, begegnen wir zum ersten Male dem Versuch, das Eisen zu einem architektonisch wirksamen Faktor zu machen.

Der Wunsch, größere Räume mit möglichster Übersichtlichkeit zu schaffen, ließ den Künstler zu gußeisernen Säulen greifen, zwischen die er Bogensprengungen aus gleichem Material zur Aufnahme der Gewölbe spannte.

Entgegen dem vorgenannten Zweck ist der tragende Kern mit einem Gußmantel von bedeutend größerem Durchmesser umgeben, und dieser ist von der attischen Basis bis zum korinthischen Kapitäl mit seinem kannelierten Schaft in seiner Form völlig der Steinsäule entlehnt.[1] Freilich wird für den Menschen jener Zeit das Verstärken der natürlichen Schlankheit des Eisens gewiß eine ästhetische Beruhigung gewesen sein, uns aber, die wir jetzt besser geschult sind, bleibt ein Unbehagen nicht erspart, weil die gefälschte Stärke der Stützen den Gedanken an Eisen und seine Tragfähigkeit nicht recht aufkommen lassen will.

[1] Vergl. Abbildg. 50 und 51.

Die Zwickel der Bogensprengungen füllt plastisches Rankenwerk, welches noch ganz ohne Rücksicht auf eine Versteifung der Gurtungen, bloß auf seinen ornamentalen Effekt hin entworfen ist.

Die Durchbildung aller dieser Formen ist vollendet schön, der Eindruck ist glänzend, und dennoch vermag dies alles über den Mangel an technischer Aufrichtigkeit nicht hinwegzutäuschen.

Etwas freier behandelte Stüler die Hängewerke in demselben Bau, welche aus gußeisernen Flachbögen und einer doppelten Zugstange aus Schmiedeeisen bestehen, freilich in den meisten Räumen gleichfalls mit Ziermänteln verdeckt und in den Feldern mit Figuren und Ranken reich geschmückt, doch ohne damit den Charakter der Konstruktion zu verändern (Abb. 66). Ja, in einem Nebensaal zeigen sich diese beiden nebeneinander liegenden Zugstangen nur mit einem goldenen Flechtband geschmückt ganz offen, eine ungeschlachte Urform der Verwendung des Eisens, ungeklärt in der Lösung des Schuhes an beiden Auflagern, plump in den Dimensionen, aber in seiner Naivität hier von einer überraschenden Wirkung.

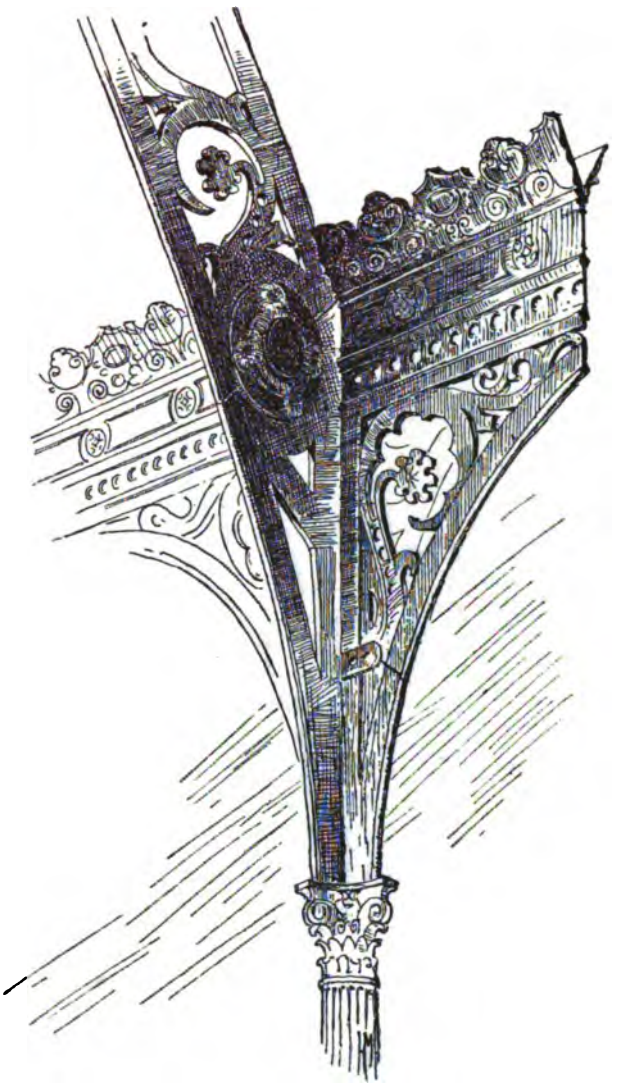


Abb. 67. Gußeisenträger der Bibliothèque Ste. Geneviève zu Paris.

Weniger auffallend ist dagegen die Verwendung der eisernen Träger, welche, mit Flechtbändern verziert, die antiken Steinbalken vertreten, um die Kassettendecke aufzunehmen. Der Gegensatz der lichten Steinfarbe zu dem dunklen Eisen ist allerdings sehr glücklich gewählt und muß hier als ästhetisch vollkommen befriedigend bezeichnet werden.

Auch der *große Börsensaal* zu *Berlin* ging noch von rein klassischen Formen aus. Ihn überspannt eine ungeheure, schwer kassettierte Flachtonne, die von einer Reihe Rippen getragen wird, aus zwei parallelen Gurtungen bestehend, die durch radiale Stege nebst plastisch ornamentierten Füllungsblechen mit einander verbunden sind.

Die Idee des Gitterträgers wird hier noch völlig vom schwülstigen Schmuck überwuchert, welcher der Wölbtechnik entlehnt ist und eher an eine massive, mit Bronze bekleidete Tonne glauben läßt als an einen eisernen Bau.

Nicht so formenreich, aber interessanter, weil selbständiger und freier in der Idee, treten uns die Gußeisenträger der *Bibliothèque Ste. Geneviève*[1] zu Paris entgegen. (Abb. 67.) Hier ist bereits auf jede Umkleidung verzichtet worden, unbekümmert um die antiken Formen der Wandpfeiler. Freilich kann auch der Konflikt zwischen der korinthischen Gußsäule mit ihrem voll erscheinenden Querschnitte und den aufsetzenden dünnen Stegen der Gurtbögen nicht als gelöst gelten. Die Stütze erscheint zu gewichtig im Verhältnis zur Last, und man wünscht sich die dünnen Stege, die oben zum Tragen genügen, erst recht bis zum Boden herabgeführt. Ebenso sind die arabeskenartigen Ranken, welche die Gurtungen verbinden, noch ungeschickt genug und wenig geeignet, mehr als eine dekorative Füllung zu sein.

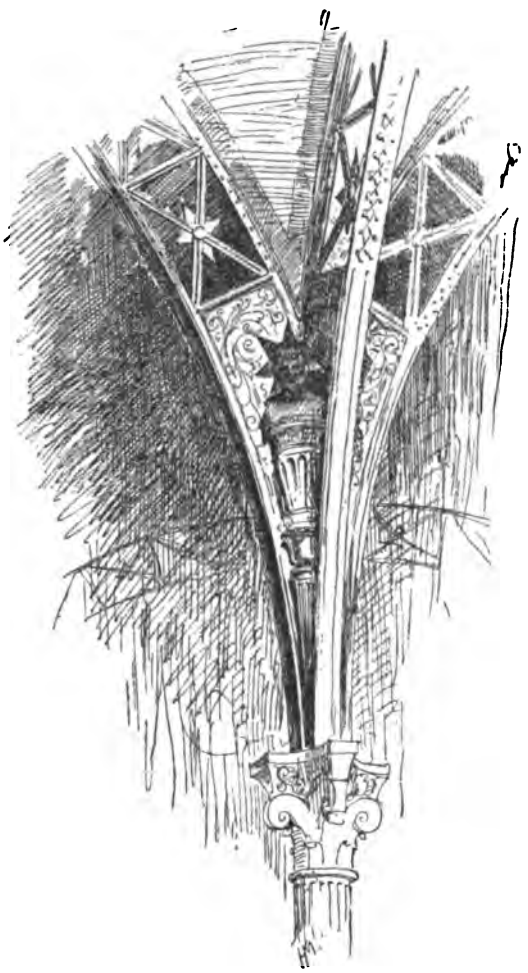


Abb. 68. Eisenträger der Bibliothèque Nationale zu Paris.

Ein höchst seltsamer stilistischer Versuch dagegen ist der Hof der *alten Börse in Antwerpen.*[2] In ihm spricht sich so recht bezeichnend die unangenehme Zwitterwirkung aus, welche die Übertragung historischer Stilformen auf das Eisen stets mit sich bringt. Trotz der Dimensionierung der Teile, welche keinen Zweifel an der Art des Materials läßt, kann man sich eines unbehaglichen Gefühles beim Anblick dieser Fischblasenmuster und der Hängezapfen kaum erwehren, die bald an Werkstein- bald an Holzkonstruktionen gemahnen und mit dem Gefühl für die Bewältigung einer solchen Spannweite nicht in Einklang zu bringen sind. Auch bildet diese Halle ein vorzügliches Beispiel für die Unzulänglichkeit solcher stilistischer Versuche in rein ästhetischer Hinsicht, da sie deutlich beweist, wie stark wir bei solchen historischen Formen von entsprechenden Raumbildungen wie auch von der Dimensionierung der Konstruktionsteile abhängig sind, wenn wir wirklich einen harmonischen Eindruck empfinden wollen.

[1] Vergl. auch Tafel IX.
[2] Vergl. Abbildung 56.

Das »Maßwerk« eiserner Gitterträger ist logischer, wenn auch sehr nüchtern, bereits in der Bibliothèque Nationale (Abb. 68), am *Kristallpalast* in London und

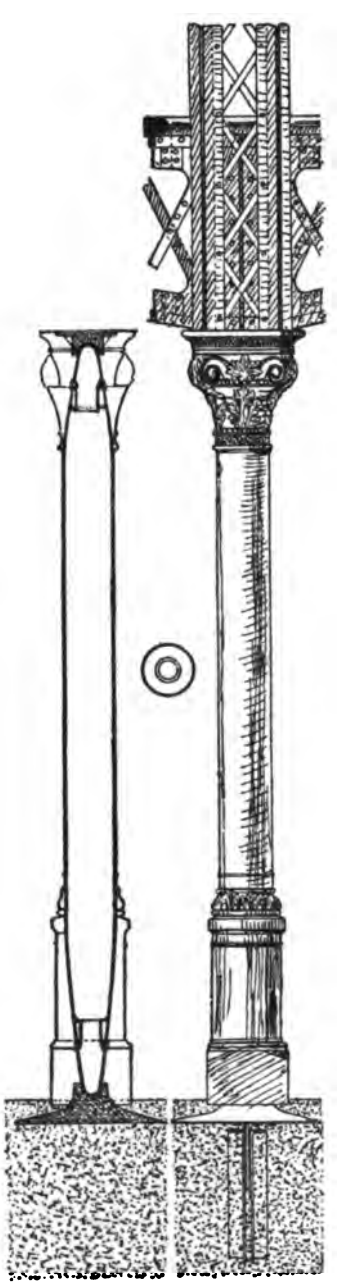


Abb. 69. Säule aus dem Olympiasaal in London.

Abb. 70. Stütze der Berliner Stadtbahn.

später am *Palais de l'industrie* zu Paris ausgebildet worden. Die regelrechte Diagonal-Verstrebung, das Andreaskreuz, im einen Falle mit Stegen versteift, im anderen nur

mit verziertem Kreuzungspunkt bedeutet einen großen Schritt vorwärts, der sich hauptsächlich in dem Verzicht auf sinnentstellenden Schmuck und der Anpassung an die Praxis äußert.

Weit ist der Abstand von der feststehenden gußeisernen Säule, wie sie Stüler im Neuen Museum verwandte, von der *Pendelstütze*. Und trotzdem war beider künstlerische Ausbildung lange Zeit so übereinstimmend, daß diese neue, geniale Idee meist kaum in die Erscheinung trat, weil sie in ihrer technischen Eigenart den Künstlern zu »modern« war.

Schaft, Kapitäl und Basis wurden in der üblichen Weise mit Kannelüren und Akanthus reich geschmückt, aber für die bedeutendsten Punkte, die beweglichen Kugel-, Zapfen- oder Walzengelenke, zwischen denen die Stütze pendelt, fand sich kein künstlerischer Ausdruck.

Am bezeichnendsten gibt wohl die Säule aus dem *Olympiasaal zu London* den inneren Gegensatz des Kerns und der Schale wieder. Die Renaissancesäule läßt jedenfalls nicht ahnen, welche geistvolle, schöne Form sie unter ihrem hohlen, abgebrauchten Prachtmantel birgt. (Abb. 69).

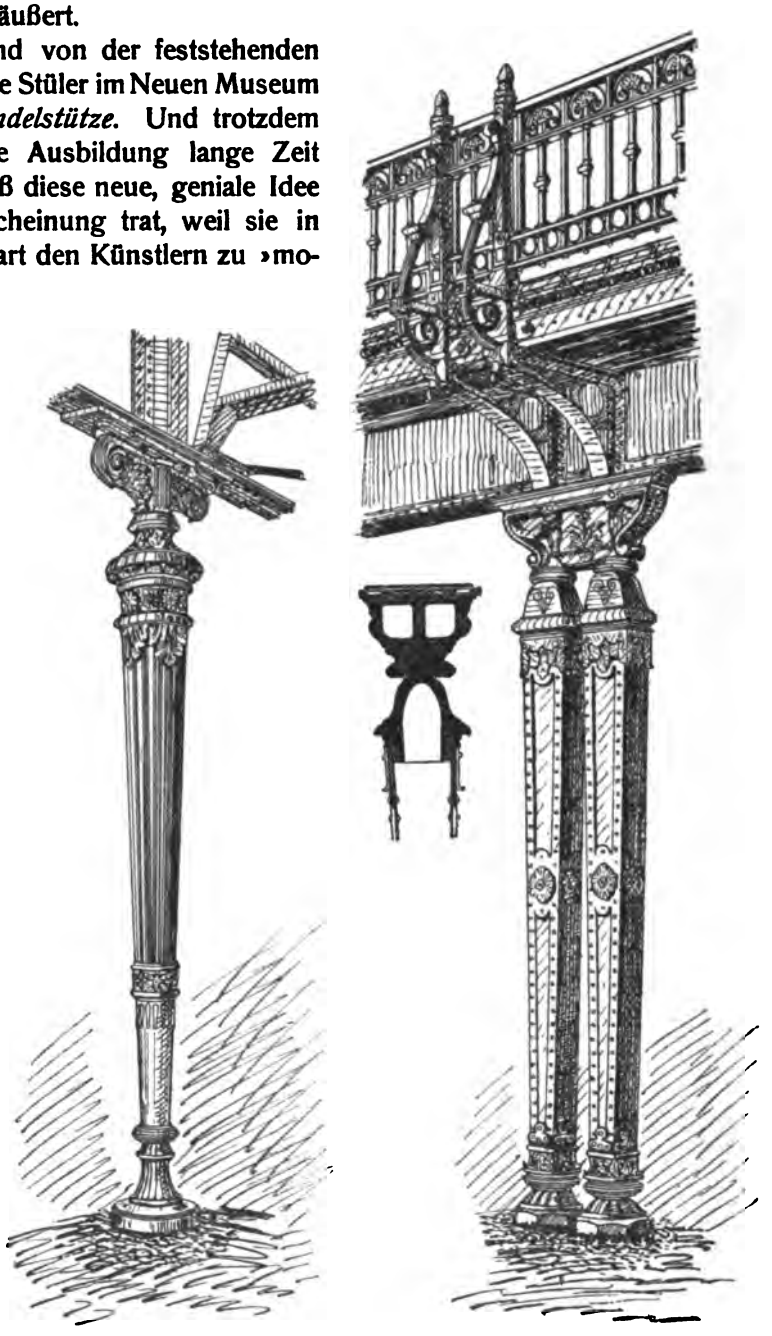
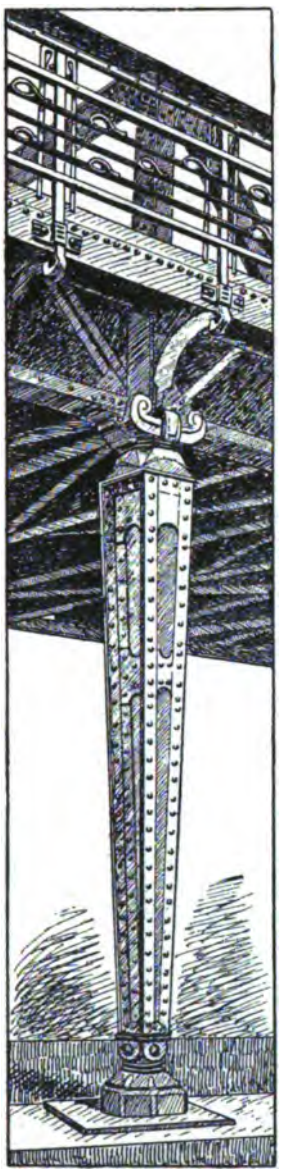


Abb. 71. Abb. 72.

Stützen der Berliner Stadtbahn.

Die *Berliner Stadtbahn* (Abb. 70/72) verschmähte zwar einen solchen, doch gelang es auch hier der Idee kaum, unter dem klassischen Formenreichtum zu Worte zu kommen. Künstlerisch steht die Stütze mit dem genieteten Schaft

noch am höchsten. Sie behandelt die Gelenke individuell, bringt sie durch Einschnürungen am Berührungspunkte einigermaßen zum Ausdruck, ohne Anlehnung an Kapitäl und Basis, auch spricht die später typisch gewordene Form des nach unten verjüngten Schaftes charakteristisch ihr Material aus.



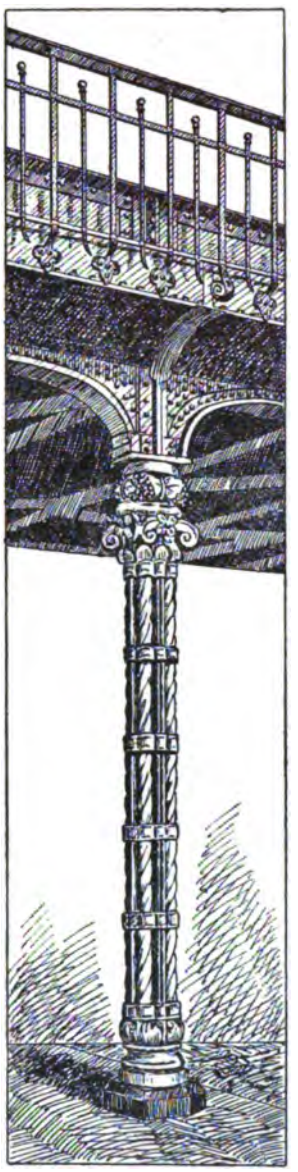


Abb. 73. Abb. 74.
Stützen der Berliner Hochbahn.

2. Die modernen Aufgaben des Gußeisens und neuere stilistische Versuche.

Heutigen Tages findet das Gußeisen bedeutend geringere Verwendung beim Eisenbau und meistens eine sehr abweichende von der der historischen Beispiele, die wir betrachtet haben.

Fast bei jeder umfangreicheren Walzeisenkonstruktion sind allerdings auch Gußeisenteile vertreten, sehr wenige meist, aber konstruktiv hervorragend wichtige und deshalb sowohl, wie auch ihrer leichteren Formbarkeit wegen besonders zu künstlerischer Ausbildung geeignet.

Gerade in dem Kontrast ungeschmückter, zusammengesetzter Konstruktionen mit diesen wenigen dekorativ behandelten Punkten dürfte eine befriedigende ästhetische Wirkung zu suchen sein, zumal diese Konstruktionsteile auf Grund ihrer überaus interessanten Funktionen der Phantasie des Künstlers höchst dankbare Aufgaben stellen. Für sie technisch markante, veredelte Formen zu finden, ist wohl des Schweißes der Edelsten wert.

Diese Teile aus Gußeisen oder Stahlformguß sind hauptsächlich alle Arten von Lagern, da sich diese komplizierten Stücke nicht aus Walzeisenprofilen herstellen lassen würden. Von den *Kugel- oder Zapfenlagern* der Pendelstütze ist vorhin bereits an der Hand einiger historischer Beispiele die Rede gewesen. Die neueste Zeit hat

es endlich vermocht, mit der Übertragung der festen Säulenform auf die völlig davon abweichenden Eigentümlichkeiten dieser Stütze zu brechen, und hat namentlich an der *Berliner Hochbahn* mancherlei Lösungen geschaffen, die den Charakter der Konstruktion treffend in gefälliger Form wiedergeben. (Abb. 73/74.)

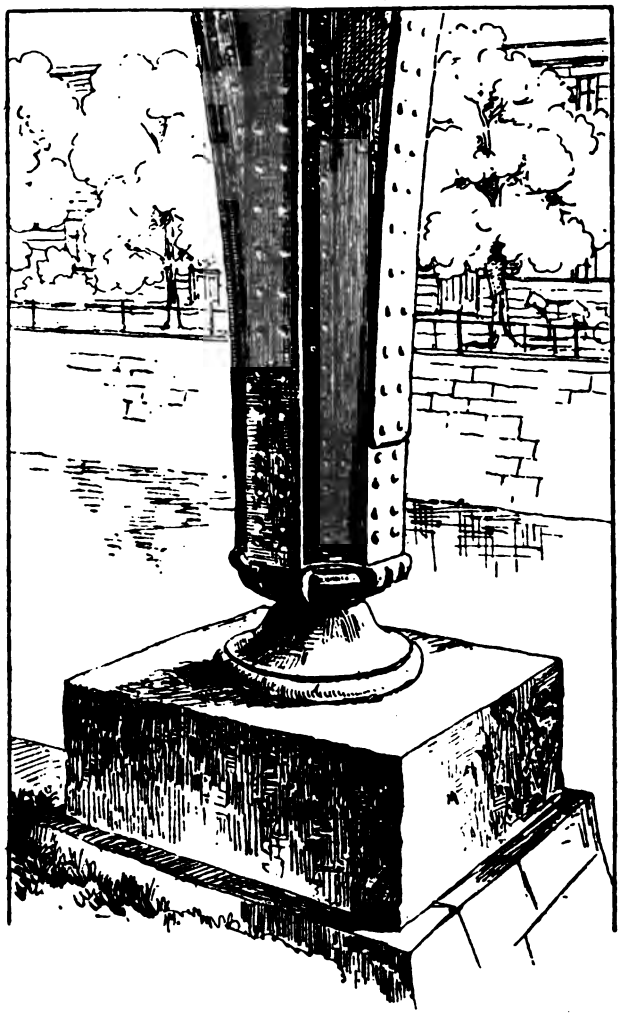


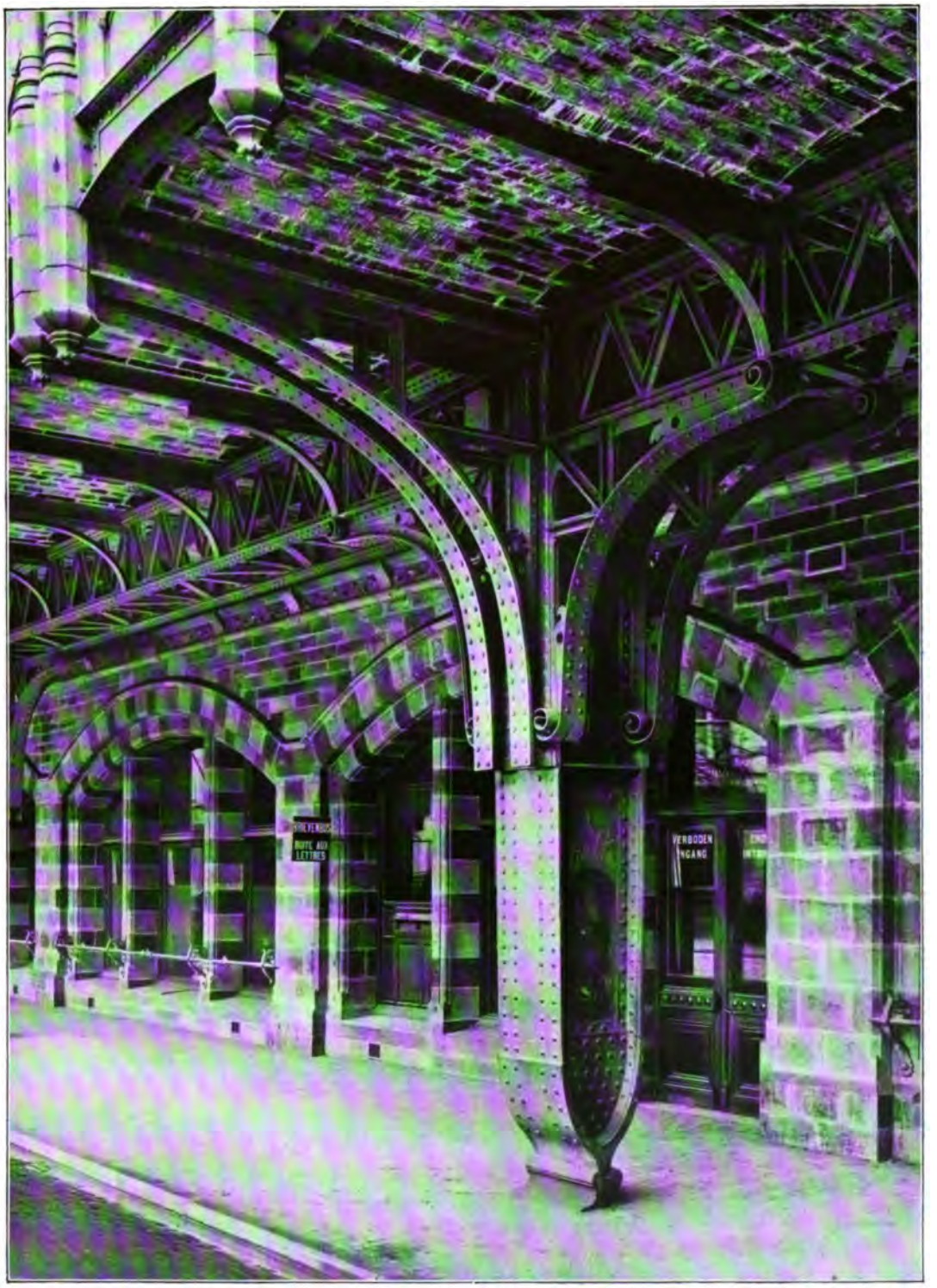
Abb. 75. Fußpunkt einer Berliner Hochbahnstütze.

Stets ist dabei die lose Berührung im Gelenke, die theoretisch in einem Punkte stattfindet, zum Ausdruck gekommen und zum Ausgangspunkte für die ganze Stützenform genommen worden. Umgekehrt wie die Steinsäule, welche ihre Druckfläche nach unten hin verbreitert verjüngt sich die Eisenstütze nach dem Boden zu, um ihn dann im Endschuh gewissermaßen nur mit den Zehenspitzen zu berühren. Bei einer reihenweisen Wiederkehr dieser Fußpunkte an der Hochbahn ist mit großem Takt eine reiche Ausbildung vermieden worden, da dieselbe durch ihre Wiederholung trivial und ermüdend wirken würde[1]. (Abb. 75.)

Sollte nicht aber auch an einem monumentalen Eisenbau, wie man dies an Werksteinkapitälen kennt, die Aufgabe gerechtfertigt sein, für jeden solchen Punkt ein gleiches Grundmotiv mit dekorativen Veränderungen zur Ausführung kommen zu lassen?

Eine Variante derselben technischen Idee, jedoch mit nur zweiseitiger Bewegungsmöglichkeit zeigt die nachstehende Abbildung. (Abb. 76.) Diese Form des beweglichen Lagers verhält sich zur vorigen bezüglich ihrer Ausbildung etwa wie das Sattelholz oder der zweiseitige Kragstein zum Rundkapitäl, wie das jonische zum korinthischen. Die Konstruktion ist fast noch prägnanter und ließe sich noch klarer im Schmucke zum Ausdruck bringen, als dies

[1] Vergl. zum Gegensatz die Säulen im Neuen Museum zu Berlin, deren reicher figürlicher Schmuck trotz seiner Schönheit einen befriedigenden Eindruck nicht aufkommen läßt, da namentlich figürliche Entwürfe mit all ihren kleinsten Einzelheiten in so vielfacher Wiederholung unerträglich werden.



Pfeiler vom Hauptbahnhof in Antwerpen

(Aus „Architektur der Gegenwart." Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)

bei dem Kugel- oder Bolzengelenk möglich ist. Ebenso bei Einschiebung einer Walze im Drehpunkte.

Die zur statischen Berechnung und zur Ausgleichung der Verschiebungen bei Temperaturunterschieden nötige Bewegungsmöglichkeit hat ferner bei größeren Eisenbindern die *Gleitlager* geschaffen. Sie steigern sich von einer einfachen eingefetteten Platte bis zu einem System von Stahlwalzen und stehen je nach der Druckrichtung senkrecht oder schräg zur Horizontalen.

Das Walzenlager am *Palais des machines* der 1889er Ausstellung zu Paris gibt ganz ohne dekorative Zutaten ein solches Konstruktionsglied, machtvoll wirkend durch die Konzentration der gesamten ungeheuren Druck-Kräfte auf diesen einen Punkt. (Abb. 77.)

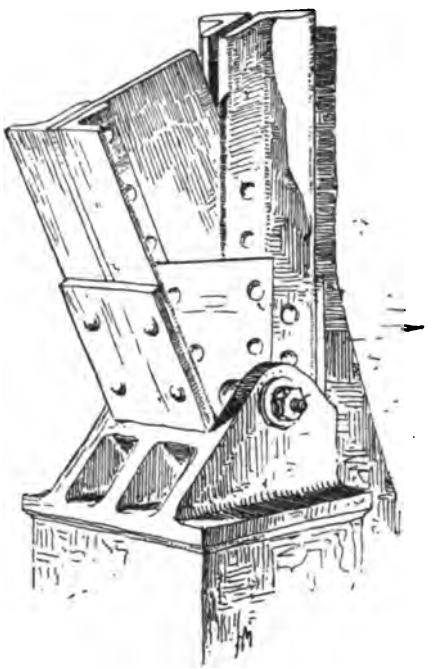


Abb. 76. Walzenlager.

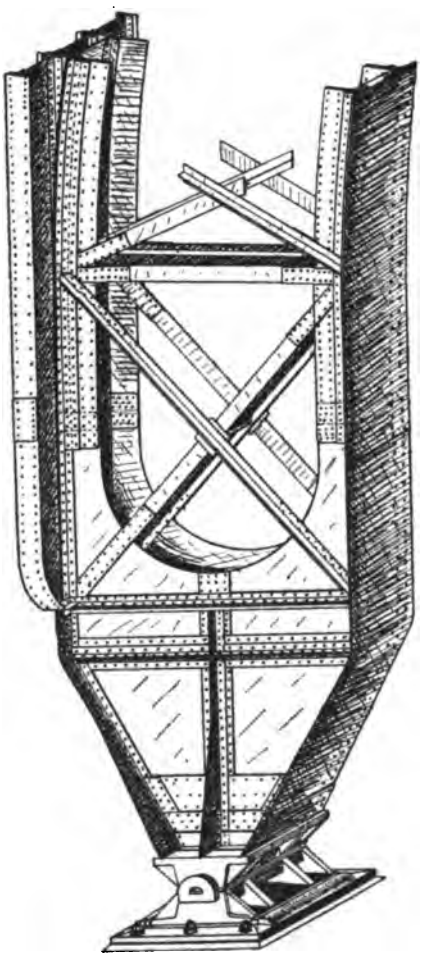


Abb. 77. Walzenlager am Palais des machines in Paris.

Künstlerisch durchgebildeter erscheint schon der Unterstützungspunkt des Eisenbahnviaduktes am *Hauptbahnhofe zu Antwerpen*, dessen prachtvolle Kraftsammlung wir namentlich an der Einzeldarstellung bewundern können. (Abb. 78 u. Tafel XV.)

Bei diesen Gußstücken spielt die Materialersparnis, die sich zumeist in Form von Ausschnitten bezw. in der Anordnung von Verstärkungsrippen äußert, eine große Rolle, und hierin liegt ein gut verwertbares dekoratives Moment, da mit ihrer intensiven Schattenwirkung viel zu erreichen ist.

Selbstverständlich soll damit nur gesagt sein, daß diese Sparsamkeit für den bildenden Künstler eine befruchtende Idee liefern kann, nicht aber, daß dieses verhältnismäßig geringfügige, ökonomische Interesse sein Schaffen womöglich bis zum Äußersten beherrschen soll. Denn mit dem Minimum an Material auszukommen, ist wohl vom Standpunkte des Ingenieurs ein sehr richtiger Grundsatz, der aber für künstlerische Arbeit eben nur ideell in Betracht

kommen kann. Beim Dreigelenkträger tritt noch ein drittes interessantes Glied hinzu, das *Scheitelgelenk*, welches gewissermaßen den Schlußstein des Bogens bildet. (Abb. 79.)

Auch dieser Berührungspunkt der beiden Binderhälften ist gewöhnlich durch eine Walze gekennzeichnet, die beide Teile, in eine Spitze auslaufend, umklammern. Die Druckrichtung ist hier bei symmetrischer Ausbildung horizontal, als Ausgleich der beiden schräg gegeneinanderlehnenden Lasten, denn ästhetisch würde man nur diesen Konflikt, nicht aber variable Kräfte, wie Winddruck oder rollende Belastung zum Ausdruck bringen. Diese drei Glieder des Dreigelenkträgers eignen sich in

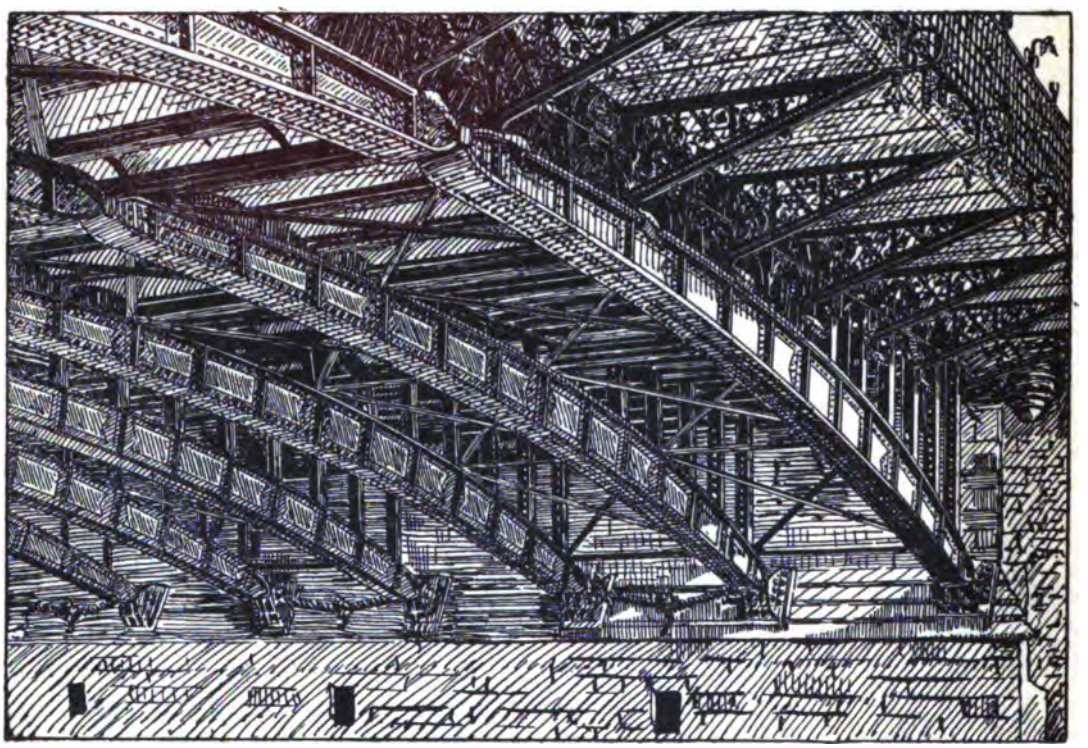


Abb. 78. Dreigelenkträger der Brücke am Hauptbahnhofe zu Antwerpen.

hervorragendem Maße dazu, alles was man überhaupt an Mitteln zum Schmuck aufwenden will, für sich allein in Anspruch zu nehmen, zumal eben die Gußtechnik selbst pflanzlichen oder figürlichen Formen keinerlei Schwierigkeit in den Weg legt, und diese auch wenigstens in strengster Stilisierung wohl im Stande sind, mit den spröden Walzeisenformen eine Harmonie einzugehen, wenn auch nur die des Gegensatzes.

Unsere westlichen Nachbarn, Belgien und Holland, die außerordentlich viel für die Entwicklung der Eisenarchitektur getan haben, verschmähen allerdings hierbei jede Anlehnung an die Natur, was vielfach zu einem sehr nüchternen Realismus geführt hat. Dennoch gehören ihre Leistungen zu dem Größten, was

sich bis heute auf diesem Gebiete findet, und ihre Versuche können jedenfalls als die gesundesten Grundlagen für eine künstlerische Zukunft des Eisens angesehen

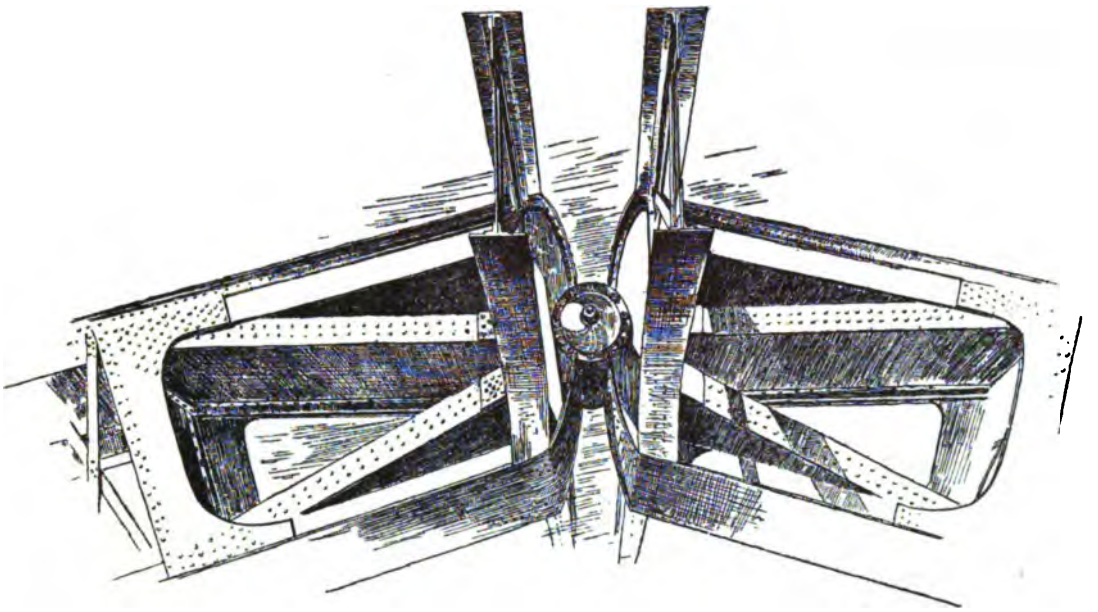


Abb. 79. Scheitelpunkt eines Dreigelenkträgers

werden. In diesen Ländern ist die Eisenbaukunst sogar bis in die Wohnhäuser gedrungen und hat auch der *Gußsäule*, die heute sonst nur noch unter-

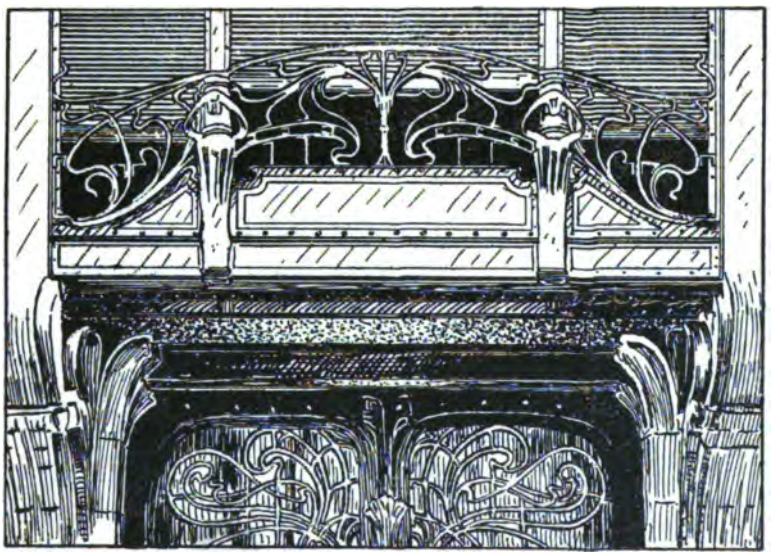


Abb. 80. Balkon mit Gußsäulen in Brüssel

geordneten Zwecken dient, einen Platz als Zierform eingeräumt. Selbst da, wo dünne Steinpfosten zur Druckaufnahme genügen würden, hat man zu überaus

schlanken Säulchen gegriffen, deren Schaft stets glatt ist, während für die Formgebung des Kapitäls und der Basis die Befestigungsart maßgebend wurde. So entstanden Körper, die wie eine Hand aufstützend den entgegenwachsenden Stein umklammern, und ähnliche Lösungen, meist in Begleitung des belgischen Linienornaments, der »Kraftlinien«, wie sie ihr Schöpfer *Van de Velde* selbst bezeichnend genannt hat. (Abb. 80.)

Damit ist alles erschöpft, was uns das Gußeisen in Einzelformen bieten kann.

Maison du Peuple in Brüssel

Paul Neff Verlag (Max Schreiber), Esslingen a. N.

II.

DIE ÆSTHETIK DES WALZEISENS.

Die Herstellung der *Walzeisen* geschieht maschinell und auch das Zurichten für die zusammengesetzten Konstruktionen, soweit es sich um größere Objekte handelt. Dem muß naturgemäß der künstlerische Schmuck Rechnung tragen. Daß die Hauptwirkung in der Architektur des Eisens noch weniger als bei ihren anderen Zweigen in den Zierformen liegt, ist an der Hand der gesamten historischen Entwicklung klar geworden. Die künstlerische Tat liegt im wesentlichen im Entwurf der großen Form, der Massen und deren Silhouette im Verhältnis zur Umgebung.

Die *Müngstener Brücke,* die hoch gestelzt über die tiefe Schlucht hinwegsetzt, die *Forthbrücke,* die sich wie ein schlangenhaftes Ungetüm über den kilometerbreiten Meeresarm wälzt, der *Eiffelturm,* der sich aus weiter Ebene breitgelagert zu schwindelnder Höhe zuspitzt, das sind Kunstwerke, auch wenn man von jeder Durchbildung der Einzelheiten absieht. Doch kann man diese schließlich nicht ganz entbehren, und sie haben den Künstlern mehr schwere Stunden bereitet, als die Großform an und für sich, für welche eine Fülle interessant wirkender Systeme existieren.

1. Stab- und Façoneisen.

Die einfachen *Stabeisen:* Quadrat-, Rund- und Bandeisen sind für sich allein seit undenklichen Zeiten als Zugstangen in der Baukunst verwandt und als solche vielfach auch verziert worden durch Drehen, Stauchen und dergl. Ihre Herstellung durch Walzen hat keinerlei neue Momente gezeitigt, namentlich nicht auf künstlerischem Gebiet, zumal man sie als raumstörend bei monumentaleren Eisenkonstruktionen möglichst zu vermeiden sucht.

Die *Form-* oder *Façoneisen* waren es vielmehr, die in der gesamten Baukunst einen wesentlichen Umschwung hervorriefen. Zu allerlei untergeordneten Funktionen verdammt, wurden sie von den Künstlern lange mißachtet, und nur Belgien und Holland verwandten ⊏ und I Eisen sichtbar als Fensterstürze, Konsolen und Stützen in ausgiebigem Maße.

Namentlich der Brüsseler *Victor Horta* hatte es sich zu seiner Kunst- und Lebensaufgabe gemacht, dem Eisen seinen gebührenden Platz im Hochbau einzuräumen, wovon am meisten sein demokratisches Vereinshaus, *Maison du Peuple,* in Brüssel Zeugnis ablegt. Abgesehen von dem künstlerisch verfehlten Gesamteindruck ist doch das Ringen nach der Form im einzelnen sehr interessant. (Tafel XVI.)

Die Träger sind stets nackt verwendet, nirgends Ziereisen oder sonstiger angehefteter Schmuck an den Flanschen. Nur durch geschicktes Verlegen oder interessante Verbindung mehrerer Träger sucht der Künstler eine Wirkung zu erreichen. Die Decke des Cafés im Maison du Peuple überspannt einen Raum von 16:20 m in ganz flacher Wölbung von etwa $^1/_{40}$ Pfeilhöhe, getragen von einem System von Trägern, welches an die Rippen der Sterngewölbe erinnert und ebenso wie diese seine dekorative Berechtigung behaupten kann. (Tafel XVII.)

Sonst finden sich als Schmuckglieder für Träger nur die Bolzenköpfe, welche zwei oder mehrere nebeneinanderliegende Träger verankern, oder vielmehr deren Unterlagsscheiben, die sich leicht mit der Hand ausschmieden oder stanzen lassen.

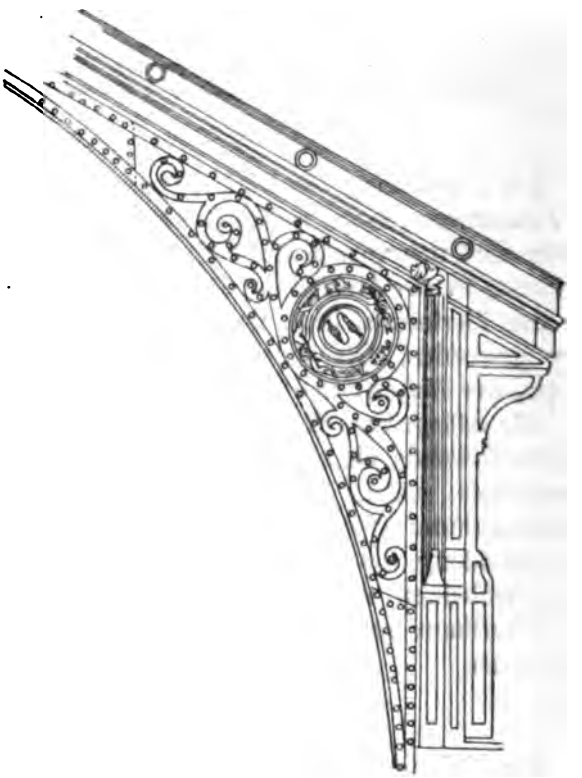


Abb. 81. Blechträger von den Halles Centrales in Paris

Der Versuch, den Hohlraum zwischen den Flanschen auszufüllen, ist allerdings auch oft gemacht worden teils mit hochkant gestellten, zum Ornament gerollten Bandeisen, teils durch Mannstädtsche Ziereisen, doch haftet dieser Art der Dekoration stets der Mangel an organischer Verbindung an.

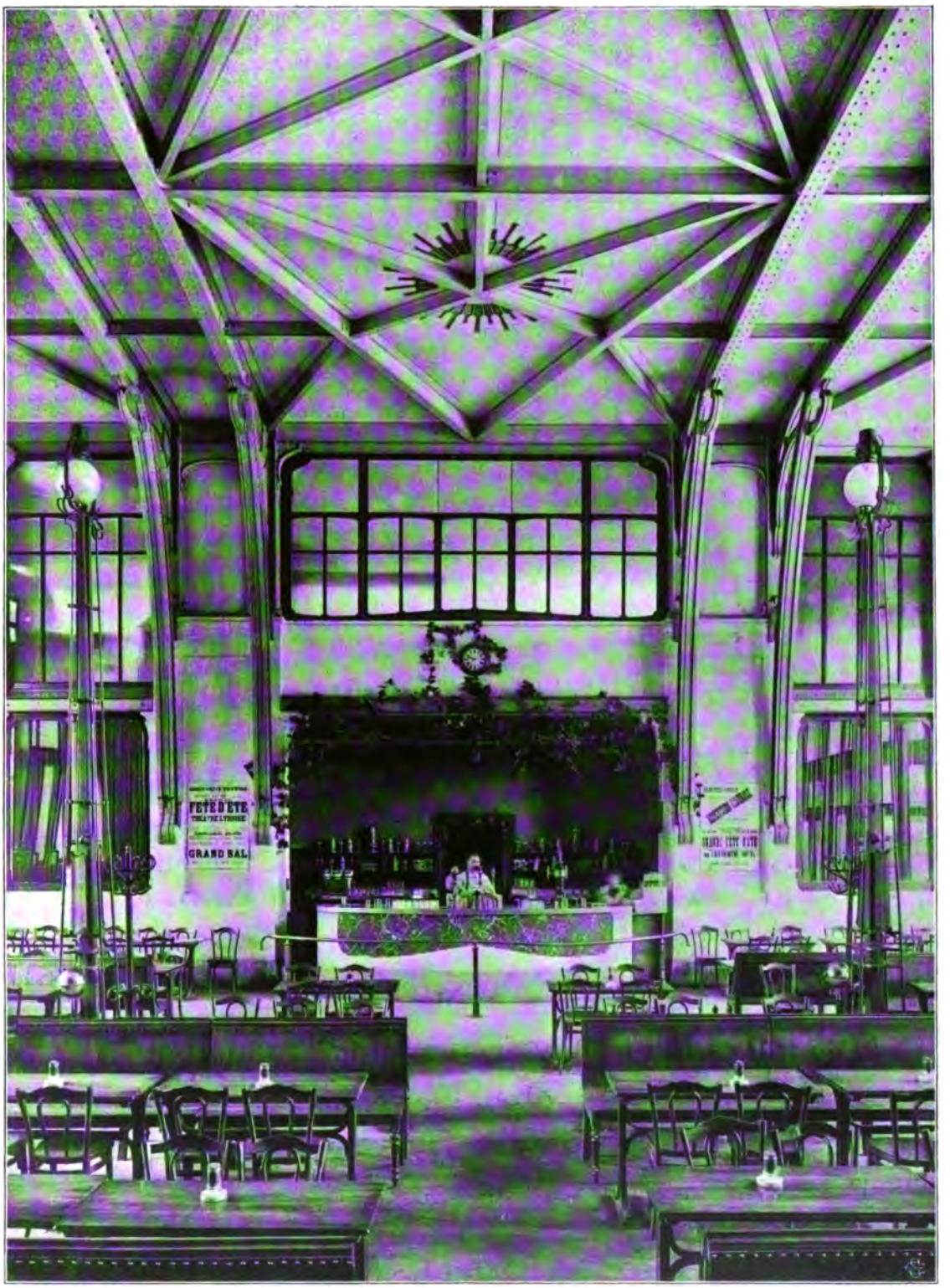
Von höherem, stilistischen Werte sind jedenfalls die maschinellen Einschnitte, Ausklaffungen, Aufspalten des Steges und Aufbiegen der Flansche und das Bombieren der Träger, wie sich dies an Brüsseler Wohnhäusern in vielerlei Beispielen findet, wenn auch zugegeben werden muß, daß sich gerade diese Arten der Behandlung infolge ihrer etwas brutalen Wirkung mehr für Großkonstruktionen eignen als für den Hausbau, dessen ästhetische Ziele ganz andere sind.

2. Zusammengesetzte Konstruktionen.

Dankbarer als das einfache Profileisen sind die *zusammengesetzten Konstruktionen*, an deren ästhetischer Ausbildung man von Anfang an gearbeitet hat.

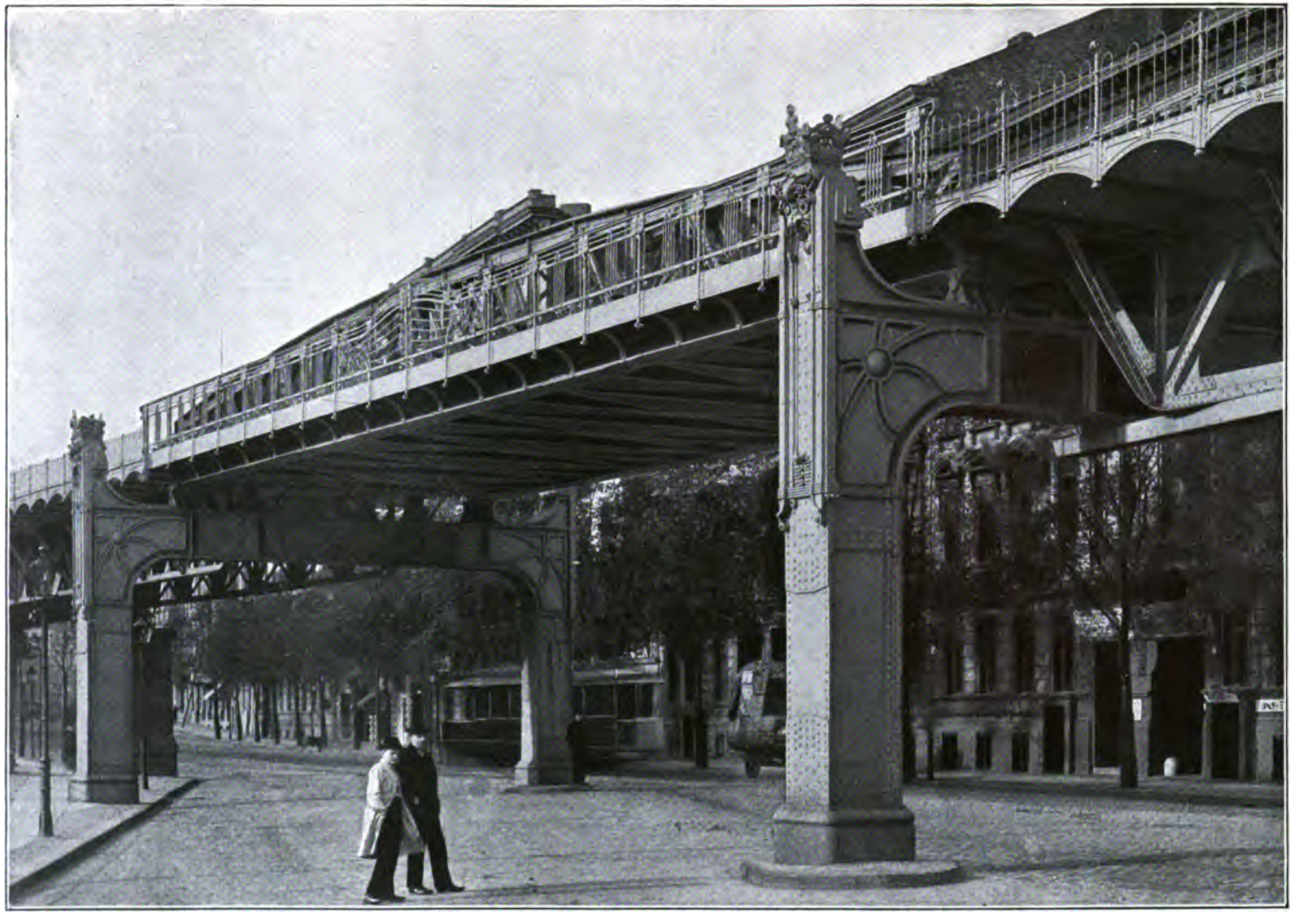
Der *Blechträger* kommt den I-Eisen im Profil am nächsten, ist ihm gegenüber aber bereichert um die *Niete*, welche in ihrem reihenweisen Auftreten stark ornamental wirken.

Ihre Anordnung, die engere oder weitere Stellung, rhythmische Unterbrechung, die massenhafte Verwendung an einzelnen Punkten, wie Stößen, Laschungen und ihre Köpfgröße sprechen außerordentlich bei der ästhetischen Erscheinung mit. (Tafel XVIII.) Sie können das schönste Ornament des Eisens bilden. Während



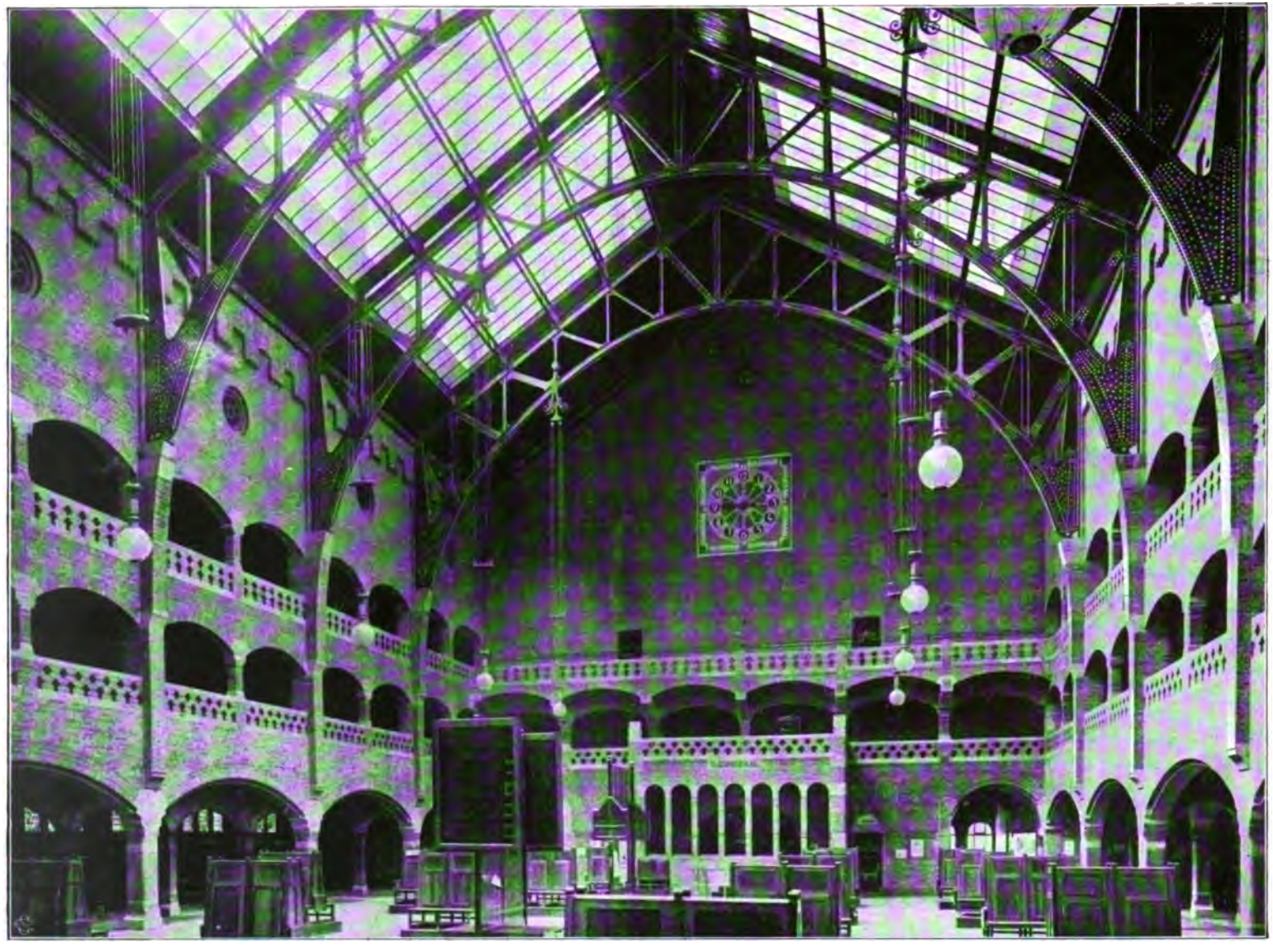
Café des Maison du Peuple in Brüssel

(Aus „Moderne Städtebilder. Neubauten in Brüssel." Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)



Hochbahnviadukt in der Gitschinerstrasse in Berlin

(Aus „Berliner Architekturwelt." Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)



Güterbörse in Amsterdam

(Aus „Architektur des XX. Jahrhunderts". Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)

der I-Träger fest an seine Form gebunden ist, eröffnet sich für den Blechträger die größte Freiheit in dieser Beziehung. Das Blech läßt sich in allen Kurven schneiden, und die begleitenden Winkeleisen folgen ihm ohne Schwierigkeit.

Der Blechträger, der auch in seiner undurchbrochenen Form dem Stein- und Holzbalken am nächsten stand und das gewohnte Empfinden am leichtesten auf die neuen Wege hinüberleiten konnte, fand deshalb viel Anklang. Bereits an den *Halles Centrales* in Paris suchte man die bogenförmigen Blechträger auszuschmücken und zwar durch Rankenzüge, die, aus Blech geschnitten, auf dem Bogenfelde aufgenietet wurden. (Abb. 81.) Diese Dekorationsweise ist allerdings eine sehr äußerliche und läßt den Gedanken der Anlehnung an mittelalterliche Beschlagtechnik nicht schwinden.

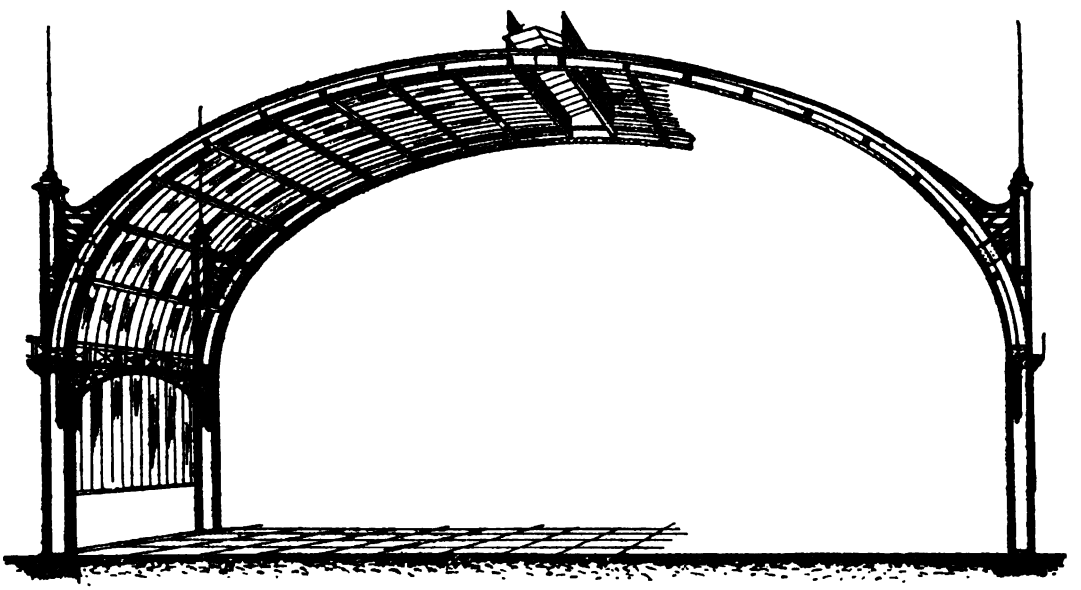


Abb. 82. Palmgarten in Frankfurt a. M.

Daß auch ohne Schmuck der volle Blechträger allein durch seine Kurven imposant wirken kann, beweist dagegen der *Palmgarten in Frankfurt*, bei welchem nur die Niete die breiten Eisenflächen beleben. Gerade in dem Zusammenwirken der Tausende dieser Zwerge gegenüber den mächtigen, undurchbrochenen Eisenmassen und der bewältigten, riesenhaften Spannweite liegt ein großer ästhetischer Reiz. (Abb. 82/83.) Ein modernes Beispiel hiefür ist die *Getreidebörse zu Amsterdam*, bei der namentlich die hellgestrichenen Nieten auf dem elastisch geschwungenen Träger eine große Rolle spielen. Der dunkle Backstein in seinen einfachen Formen schafft einen wirksamen Kontrast dazu. (Tafel XIX.)

Bei breiteren Blechen wird eine Versteifung nötig, welche den Übergang zu den Gitterträgern bildet. Die Winkeleisen werfen dann einen starken Schlagschatten auf das Blech, und es ergibt sich damit eine ornamentale Unterteilung. An dem vorhin

berührten *Eisenbahnviadukt in Antwerpen* bilden die hierdurch entstandenen *Rechtecke* mit ihren Nieten einen Schmuck gediegenster Art, der auch an der Hallenfront wiederkehrt, während die Langseite allerdings eine Konzession an die spätgotischen Stadtbilder macht, wie sie schlimmer kaum zu denken ist. (Tafel XX.)

Klarer und auch in dekorativer Beziehung nicht weniger günstig, drücken die Versteifungsstege im *Dreiecksverband* die inneren Kräfte der Konstruktion aus, wobei das Blech in einem zusammenhängenden Stück alle beim Gitterträger einzeln auftretenden Knotenbleche vereinigt.

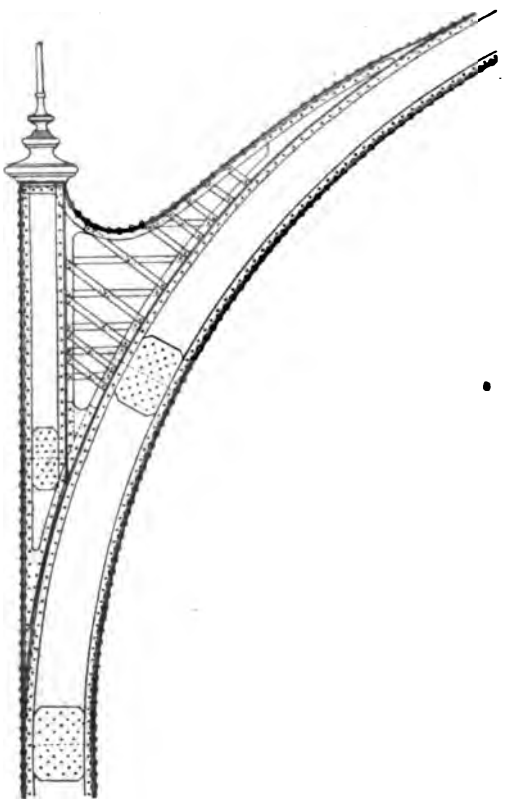


Abb. 83. Blechträger vom Palmgarten zu Frankfurt a. M.

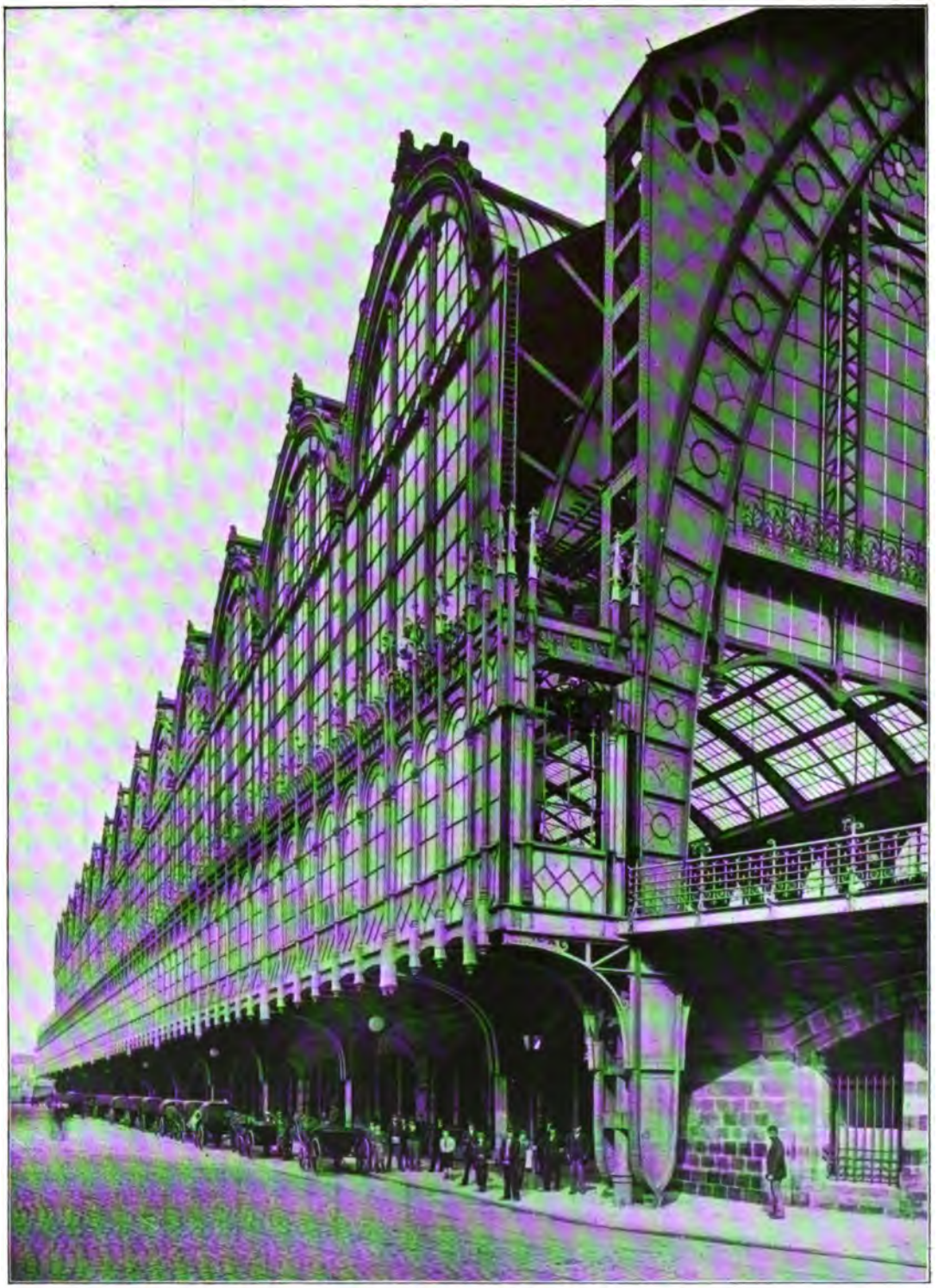
Die *Galerie des machines* zu Paris aus dem Jahre 1867 faßte je zwei solcher Blechträger zu einem balkenförmigen Gebilde zusammen, jedoch in charakteristischer Weise zu einem Hohlbalken, einer Form, welche erforderlich wurde, um die Teile nieten zu können. (Abb. 84/85.)

Die geschlossene Form ist freilich auch möglich dadurch, daß die Winkeleisen mit ihrer hohlen Seite nach außen liegen bleiben und so mit dem Schließblech vernietet werden. Die hierdurch gebildeten scharf hervorstehenden Stege werden ganz abgesehen von den Nietreihen ein bezeichnendes Glied solcher Konstruktionen ausmachen, welche durch ihre scharfe Schattenwirkung besonders lebendig wirken und deshalb bereits vielfach in Anwendung gekommen sind, z. B. an mehreren Stützen der *Berliner Hochbahn.* (Abb. 86/87).

Eine allein aus dem Schönheitsgefühl hervorgehende Form des Blechträgers, welche sich bis auf die heutige Zeit erhalten hat, zeigt uns bereits der bogenförmige Ansatz aus der *Galerie des machines,* welcher die rechtwinklige Verbindung zweier ungleich hoher Träger bogenförmig vermittelt, dazu auch den aus ökonomischen Gründen stets damit verbundenen Stoß zwischen dem schmalen Parallel-Blechträger und dem Bogenstück. Diese Punkte mit ihren Nietmassen sind besonders wirkungsvolle Teile der Eisenbauten und bedürfen einer weiteren ästhetischen Durchbildung nicht.

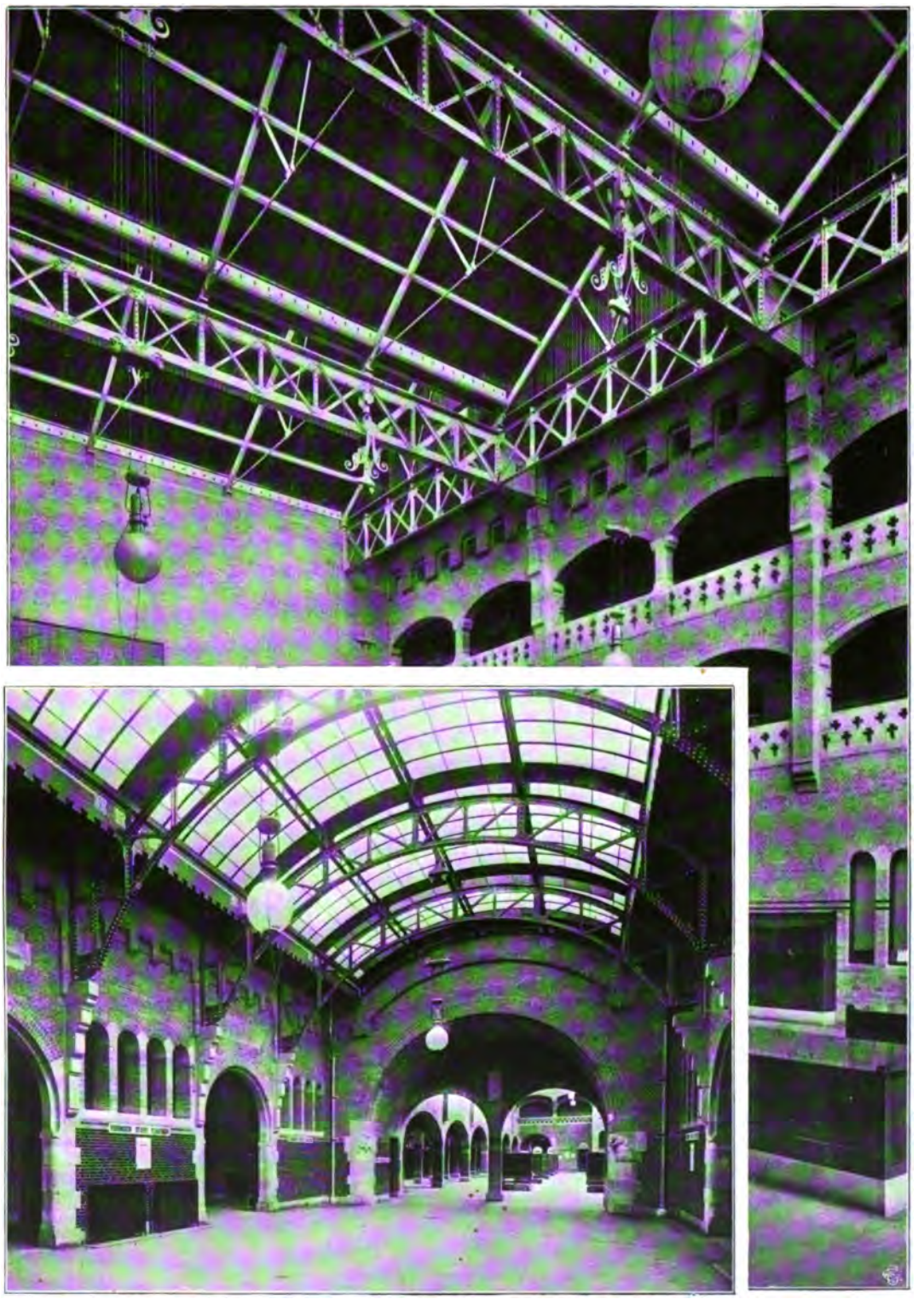
Die *Gitterträger* in ihren verschiedenen Systemen stellen die am meisten verbreitete Form der eisernen Großkonstruktion dar. Auch hier kann die Erscheinung schwanken zwischen schwer massivem und elegantem, leichtem, ja gespinnstartig wirkendem Aufbau.

Der von *Vierendeel* ausgeführte Turmhelm von *Dadizeele* z. B. hat mit seinem Materialaufwand eine fast romanische Wirkung. (Abb. 88.) Freilich vom Standpunkte



Hauptbahnhof in Antwerpen

(Aus „Architektur der Gegenwart." Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)



Börse in Amsterdam

(Aus „Charakter-Details". Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)

des Ingenieurs allein eine Verschwendung, da er sich bei Vergrößerung der Felder entschieden verbilligt haben würde. Aber man kann ein gewisses Übermaß an Ansichtsfläche der Konstruktionsglieder, eine Verengung der Maschen über die praktisch günstigsten Verhältnisse nur gut heißen, wenn damit auch der Schön-

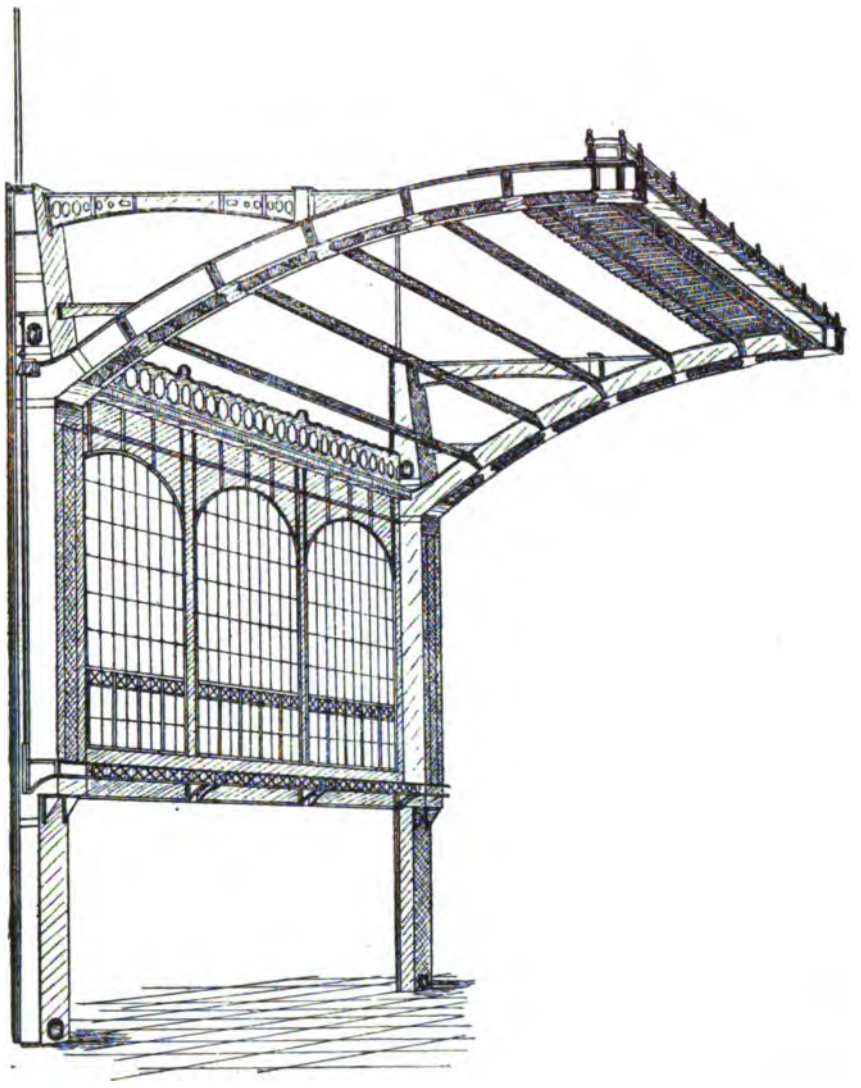


Abb. 84. Galerie des machines zu Paris (1867).

heit Rechnung getragen wird. Für die Erscheinung ist jedenfalls das Verhältnis der Durchbrechungen zu den Stäben von der allergrößten Wichtigkeit. Allerdings ist auch bei normalen Maßen Schönheit möglich, wie *Berlages Börse in Amsterdam* beweist, deren Innenräume architektonisch das Eisen in seiner schlichten Größe vollendet zum Ausdruck bringen, ohne irgend eine erborgte Form, nur durch das Mittel des Kontrastes in der Farbe. (Tafel XXI.) Wie kleinlich wirken dem gegen-

über die gewaltsamen Kunstformen, durch welche, in technischer und statischer Hinsicht ganz unzulänglich, die Dreiecksverbindungen vielfach ersetzt werden.

So spannte man am *Gare du midi in Brüssel* Ringe zwischen die Gurtungen, die sich in geistlosester Weise durch Verringerung des Durchmessers ihren Kurven anpassen. (Abb. 89.) Vierendeel verteidigt zwar dieses Maßwerk, diese Rund- und Spitzbogenfüllungen und ähnliches gegenüber dem einfachen Dreiecksverband in V- oder N-Form, doch ist auch hier nur der Kompromiß mit den gewohnheitsmäßigen Formen als Ursache anzunehmen.

Von großer Wichtigkeit für die ästhetische Erscheinung eines solchen durchbrochenen Trägers ist es allerdings, hin und wieder Ruhepunkte als rhythmische Kontraste in die Gitter hineinzuflechten, eventuell durch Vollbleche einzelne Felder zu schließen. Füllungen von eingenieteten, geschmiedeten Bandeisen-Ornamenten, wie diese am *Wintergarten zu Laeken* in größtem Maßstabe und auch an vielen anderen Stellen ausgeführt wurden, sind nicht im Stande, diesen Zweck zu erfüllen. (Abb. 90.) Sie wirken vielmehr als kleinliche unorganische Zutat, ohne irgend wie zur Steigerung des Eindrucks zu verhelfen. Dagegen sind bereits in der *Bibliothèque nationale* zu Paris in richtiger Erwägung, daß die Kämpferpunkte der Vereinigung von vier mit gekreuzten Diagonalstangen versehenen bogenförmigen Gitterträgern ein unübersichtliches Gewirr von Stäben geben würden, die Anfangsfelder geschlossen worden. Hierdurch werden solche Punkte besonders hervorgehoben, sie erhalten das Ansehen besonderer Kraft. Freilich muß man diesen Punkt zur Anbringung von Büsten, wie es dort geschehen ist, als möglichst ungeeignet bezeichnen. Abgeklärter können wir diesen Gedanken an den Fußpunkten der Hallenbinder über den Auflagern, an den Scheitelpunkten der Dreigelenkträger und den Scheitelfeldern der gewöhnlichen Polygonal- oder Bogenträger beobachten, welche gleichfalls solche Betonung verdienen. Bei den letzteren würden sie dann vielfach die Kreuz-Diagonalen vertreten. Wirkungsvolle Beispiele finden sich am Frankfurter Bahnhof und an der Hochbahn zu Berlin. (Tafel XXII.)

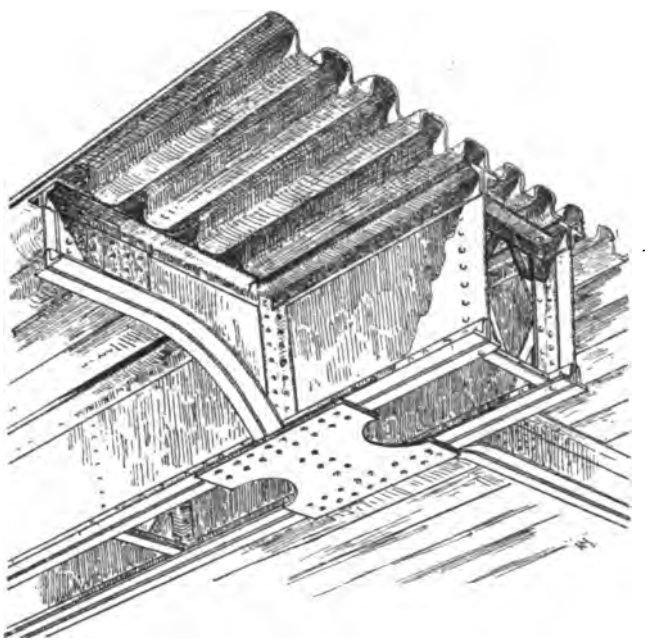
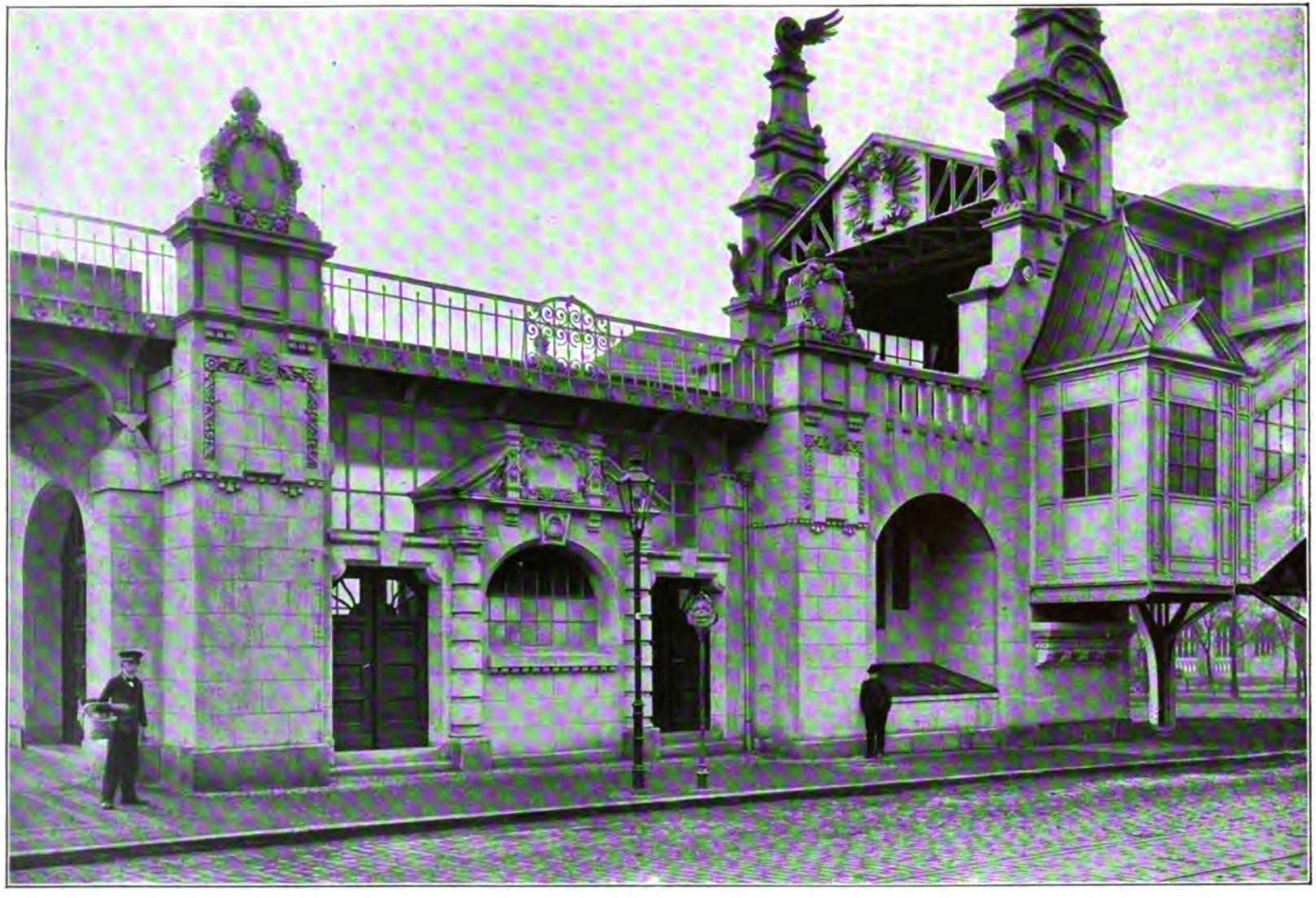


Abb. 85. Hohlbalken von der Galerie des machines zu Paris (1867).

Aber auch sonst erregt die Wiederkehr geschlossener Felder zwischen den durchbrochenen einen angenehmen rhythmischen Gegensatz, der dann durch



Aufgang zum Bahnhof „Hallesches Tor“ der Hochbahn in Berlin

(Aus „Berliner Architekturwelt“. Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)

Theatersaal im Maison du Peuple in Brüssel

(Aus „Moderne Städtebilder. Neubauten in Brüssel." Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)

dekorative Ausschnitte des Vollblechs, durch ornamentales Lochen und ähnlichen Schmuck noch bereichert werden könnte.

Am meisten liegt das Bedürfnis nach solchen Ruhepunkten vor bei räumlichen Fachwerken und zwar um so stärker, je verwirrender die perspektivische Durchsicht ist.

Hiermit soll jedoch nicht gesagt sein, daß die größte Klarheit der Gitterkonstruktionen das wünschenswerte Ziel für die künstlerische Erscheinung sei. Im Gegenteil, ein Blick möglichst rechtwinkelig auf eine Eisenbrücke lehrt überzeugend, daß solche gewissermaßen geometrische Ansicht flach wirkt, und bei den fleischlosen Eisenkonstruktionen die perspektivischen Überschneidungen ästhetisch womöglich noch wichtiger sind als bei anderen Bauwerken. Schließlich wächst das Gewirr optisch zur Masse zusammen, wie wir dies am Eiffelturm und an der Forthbrücke beobachten können.

In hohem Grade können auch die *Knotenbleche* einen erwünschten Gegensatz gegen die dünnen Dimensionen der Druckstäbe und Zugstangen bilden. (Tafel XXIII.) Sie erscheinen als die Kraftzentren, an denen die in Richtung und Größe verschiedenartig wirkenden Kräfte gegeneinander ausgespielt werden. Ihr Fehlen kann bei monumentalen Konstruktionen, wie bei dem sonst so großartigen Frankfurter Bahnhof, direkt als ein ästhetischer Mangel empfunden werden.

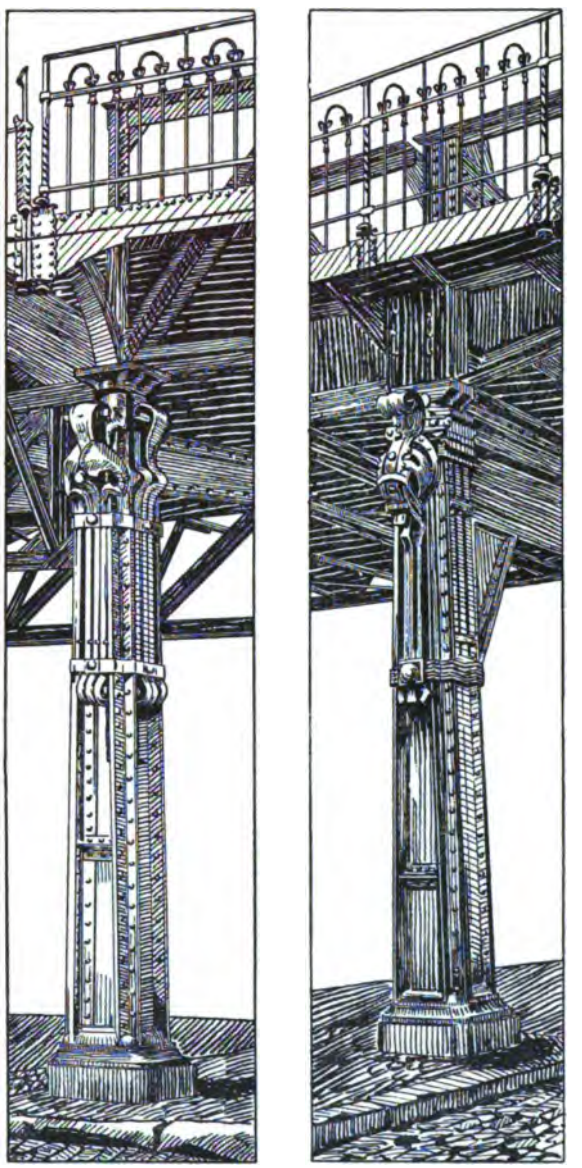


Abb. 86. Abb. 87.
Stützen der Berliner Hochbahn.

Der Zuschnitt dieser Verbindungsbleche und ihre Größe sind für die Erscheinung von Bedeutung. An dem *Turmhelm zu Dadizeele* nehmen die Knotenbleche gegenüber den Stäben einen unverhältnismäßig großen Raum ein, und nur kleine Felderöffnungen bleiben bestehen. Dadurch ist eine schwerfällige, massive Art in die Konstruktion getragen, die hier fast archaistisch streng wirkt.

Ob rechteckige Formen oder konkave Ausrundungen zwischen den Stäben sichtbar werden, beeinflußt die äußere Erscheinung sehr wesentlich, da die letzteren die Richtungslinien weich zusammenfließen lassen, während das strenge Rechteck die Verschiedenheit der Angriffspunkte mit Betonung zum Ausdruck bringt. (Abb. 91.) Die Form der Knotenbleche hat jedenfalls mit derjenigen der Großkonstruktion zu harmonieren und wird zur herben Linienführung des Polygonalträgers in schroffen Schnitten am besten passen, während zu elegant geschwungener Binderkurve die weiche Ausrundung der Ecken am geeignetsten sein dürfte. Weniger, doch auch nicht unwesentlich beeinflussen die zur *Verstärkung der Gurtungen* dienenden Platten, häufig drei-, vierfach stufenweise übereinander vernietet, die Erscheinung der Konstruktion. Namentlich das stufenweise Absetzen ist bezeichnend und könnte durch verstärktes Hervorheben, Aufbiegen oder Umkanten sehr wohl zu dekorativen Zwecken diskret verwertet werden. Ebenso die *Laschen*, welche Kopf und Fußpunkte der Träger verstärken und Auflager und Verbindungen vermitteln sollen. Sie sind die Kapitäle und Basen, die Sattelhölzer und Kragsteine ins Eiserne übertragen, doch sind sie in ihren Funktionen viel verschiedenartiger noch als diese, freilich spröde in der Form.

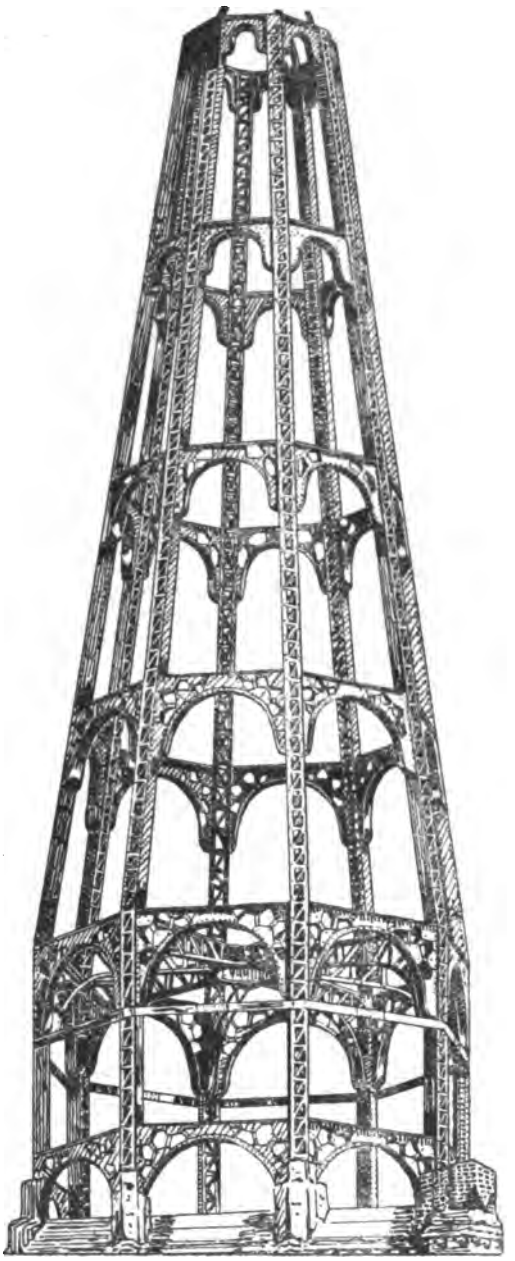


Abb. 88. Turmhelm von Dadizeele.

Der Konflikt, welcher zwischen *Stütze* und *Last* besteht, ist im Eisenbau mehr oder weniger geschwunden dadurch, daß beide in eins zusammenfließen. So ist in der Monumental-Konstruktion die Säule, hier die gußeiserne, von den genieteten Konstruktionen völlig verdrängt worden, weil diese technisch größere Sicherheit bieten und sich einheitlicher in den Gesamtorganismus fügen. Fortlaufend schießt der gebogene Blechträger, sich verjüngend, in den Boden, er bildet aus sich heraus seine Stütze, die nur noch zur Erhöhung der seitlichen Knickfestigkeit durch angelaschte Bleche und Winkel versteift wird. (Abb. 92 und Tafel XXIV u. XXV.)

Hochbahnpfeiler und -Geländer zwischen Potsdamer- und Frobenstrasse in Berlin

(Aus „Berliner Architekturwelt". Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)

Fussweg unter der Hochbahn von der Ziethen- bis zur Potsdamerstrasse in Berlin

(Aus „Berliner Architekturwelt". Verlag von E. Wasmuth, A.-G., Berlin)

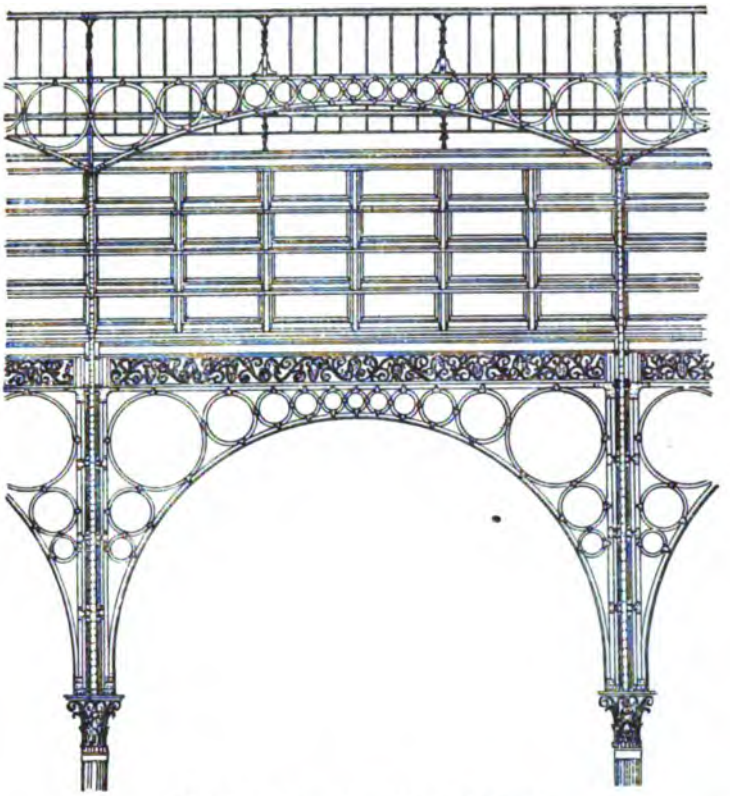


Abb. 89. Gare du midi in Brüssel.

führung wahrhaft schön in die Erscheinung treten. Eigenartig ist auch ihre schräg gespreitzte Stellung, die zur Erhöhung der Stabilität dient. Jedenfalls lassen diese Stützen, die mit allem Konventionellen gebrochen haben, im künstlerischen Ausdruck ihrer Funktionen nichts zu wünschen übrig, und zwar liegt der Hauptvorzug in der strengen Fassung, die stets mit einem so spröden Material, wie es das Walzeisen ist, verbunden sein sollte.

Ebenso der Gitterträger, dessen Knoten-Bleche gleichfalls mit dem Hauptblech der Stütze in einer Ebene liegen und somit ohne Schwierigkeit mit diesem in organischen Zusammenhang gebracht werden können.

Die elektrische Hochbahn zu Berlin liefert zahllose Beispiele solcher mit ihrer Last verwachsenen Stützen, die durch ihre schwungvolle Linien-

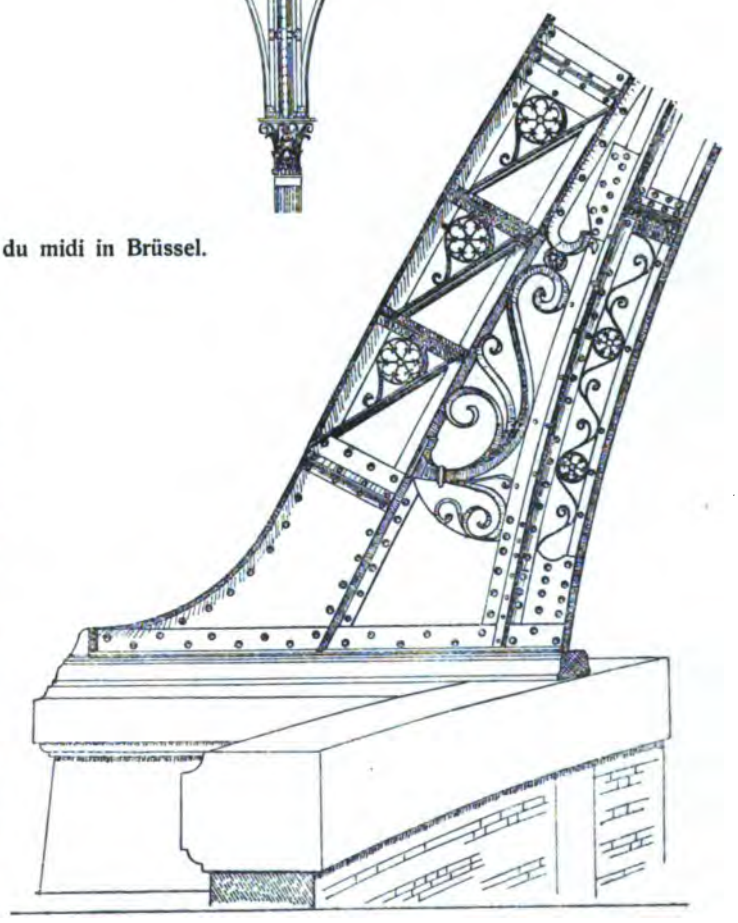


Abb. 90. Bandeisenornament vom Wintergarten zu Laeken.

Natürlich können die genieteten Stützen auch selbständig auftreten in gleicher Weise oder auch aus viertelkreisförmigen oder ebenen Quadranteisen, Zoreseisen oder gemischten Verbindungen zusammengesetzt. Ein interessantes Beispiel für Stützen aus Quadranteisen ist das *Café de Croon* in Amsterdam von *Berlage*, der es hier auch vorzüglich verstanden hat, die Niete zum Ausgangspunkte malerischen Schmuckes zu machen. (Tafel XXVI.)

Alle diese Konstruktionen haben gegenüber einer gußeisernen den Vorzug größter Freiheit in der technischen Ausnutzung. Wo es nötig erscheint, lassen sich Winkel- und I-Eisen als Consolen und Kopfbänder einschieben und anlaschen. Damit ist aber auch der Weg für die künstlerische Behandlung solcher Teile gewiesen.

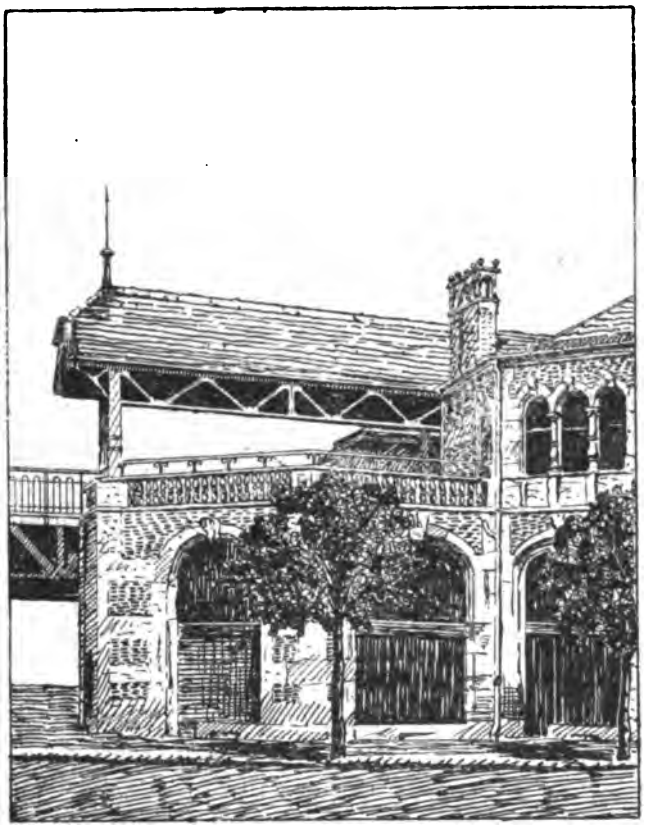


Abb. 91. Teil vom »Schlesischen Tor« der Berliner Hochbahn.

Dieselbe sollte sich allein darauf beschränken, die technisch nötigen Eisen in eine gefällige Form zu bringen, ihre Anordnung zu ruhiger Gesamtform zusammenzufassen und die Linienzüge der Konstruktionen ästhetisch zu formulieren. (Abb. 93 a-f.)

Es ist selbstverständlich, daß es dem Künstler freistehen muß, Punkte, die er hervorheben will, auch durch technisch nicht notwendige Formen zu schmücken, doch haben dabei bisher alle Versuche versagt, welche dies durch Umkleidung oder Anheften von Zierformen fremden Charakters erreichen wollten wie durch getriebene Bleche, Handschmiedearbeit und dergl. Es erscheint als das Richtigste, auch diese Schmuckteile nur aus maschinell bearbeiteten Walzeisen bestehen zu lassen, die durch ihr Profil, die Stärke, durch Biegen, Spalten, Aufrollen der Flanschen, durch Verkröpfen, Ausklaffen und Lochen mancherlei derbe ornamentale Wirkung erreichen können.

Wie weit man technisch dabei gehen kann, hat die Haupttreppe des *Grand Palais der Pariser Weltausstellung 1900* gezeigt, aber auch gleichzeitig, daß deren massenhafte Ausstrahlungen gebogener Walzeisen die ästhetischen Grenzen weit überschreiten. Weniger wäre mehr gewesen. (Tafel XXVII.)

Café de Croon in Amsterdam

(Aus „Architektonische Charakterbilder". Verlag von Carl Ebner, Stuttgart)

Treppe im Grand Palais der Pariser Weltausstellung von 1900

(Aus „Architektonische Charakterbilder". Verlag von Carl Ebner, Stuttgart)

3. Das Wellblech.

Als letzter, eigenartiger Form des Walzeisens haben wir noch des *Wellblechs* zu gedenken, welches in bisher unbekannter Weise die tragende Konstruktion (Sparren) mit der Dachdeckung vereinigt.

Die häßliche Wirkung, die sich fast untrennbar mit ihm verbunden findet, liegt nur teilweise an ihm selbst, meistens an der Verwahrlosung, der es binnen kurzem

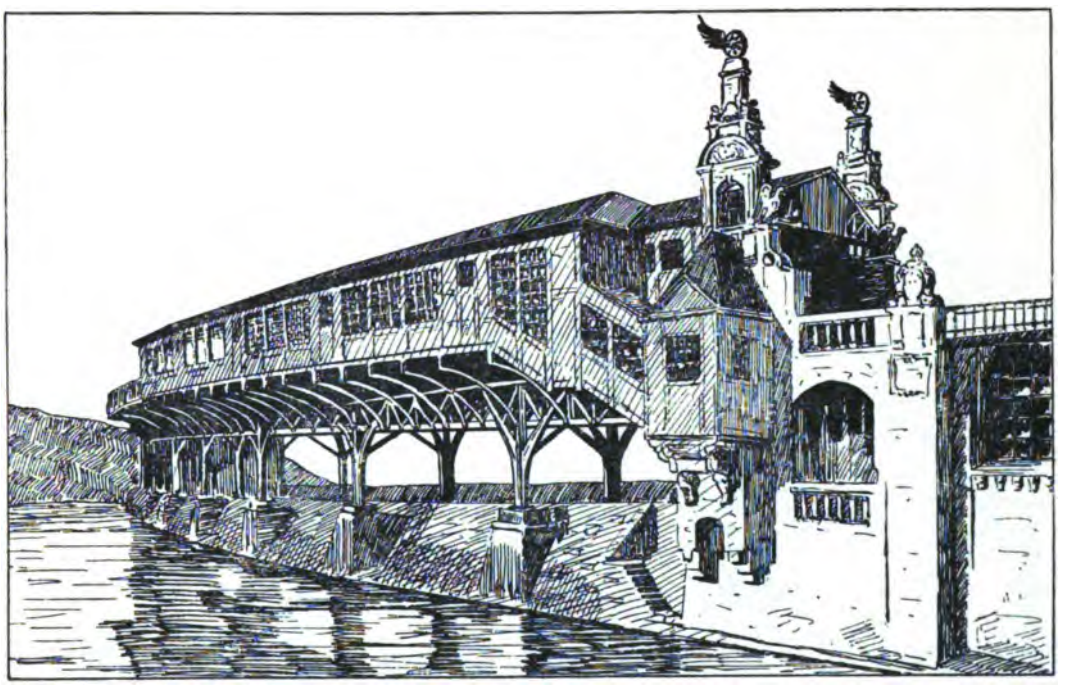


Abb. 92. Bahnhof der Berliner Hochbahn: »Hallesches Tor«.

anheim fällt. Geschickte Verwendung der Wellen zu ornamentaler Malerei oder die Anordnung von wirksamen Nieten an den Stößen könnte wohl zu etwas Befriedigendem führen. All solche Bemühungen sind freilich künstlerisch machtlos gegenüber der Art und Weise, wie man die Oberlichte in solche Hallendächer einsetzt. Die Rohheit ist beispiellos, mit der man sich hier abfinden zu können glaubt, doch rächt sie sich bitter, indem sie selbst an einer so grandiosen Raumwirkung, wie sie der Frankfurter Bahnhof bietet, jeden künstlerischen Eindruck vernichtet.

Der blendende Lichtstreifen versetzt das geschlossene Dach in völlige Finsternis, und unter diesen Umständen lohnt es allerdings tatsächlich nicht, diesem irgend welche Aufmerksamkeit zu gönnen. Doch bei Verwendung der von Alters her erprobten Beleuchtungen schwinden diese Härten, und der Rhythmus der gewellten

Flächen tritt dann zu Tage. Sofort bemerken wir aber auch, daß sich gerade in ihm die ästhetische Schwäche des Wellblechs birgt, namentich in den Anschlüssen an

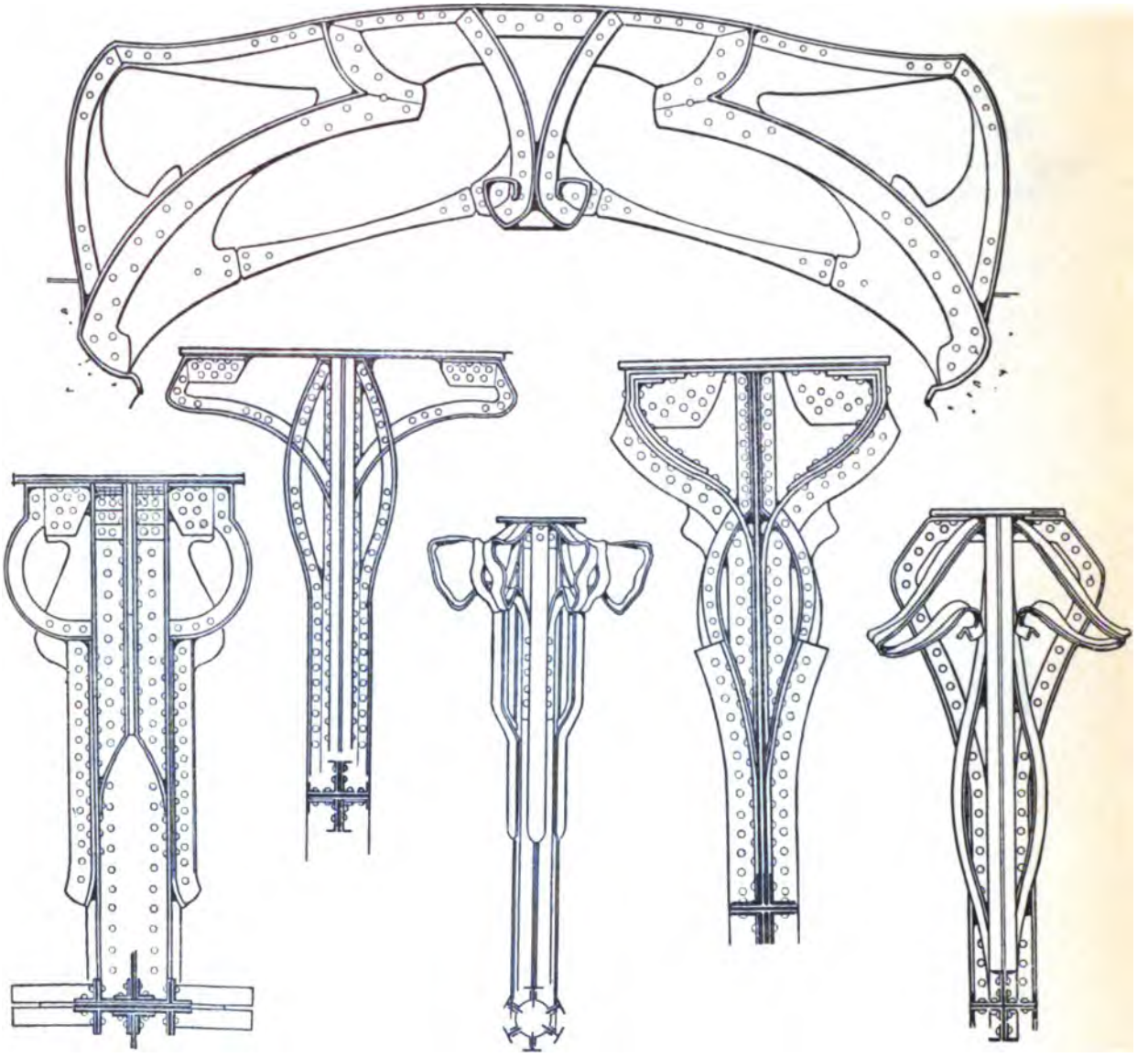


Abb. 93 a—f. Bogensprengung und Stützenkapitäle.

ebene Flächen. Dieser Punkt bedarf also dringend einer Veredelung, und wenn er nicht zu beseitigen ist, so muß er künstlerisch verschärft werden.

III.

DER ROSTSCHUTZ ALS STILISTISCHES MOMENT.

Nun möge zum Schluß noch auf einen wichtigen Faktor hingewiesen werden, welcher technisch ganz untrennbar vom Eisen ist und künstlerisch ihm hoch willkommen. Das ist die Behandlung seiner Oberfläche zum Schutze gegen Zerstörung durch Oxydation. Von ihr hängt die Lebensdauer des ganzen Werkes ab, und technisch ist den *Rostschutzfarben* deshalb auch schon die größte Aufmerksamkeit gewidmet worden. Künstlerisch aber macht sich der Anstrich und die Malerei am Eisen bis heute fast nur in Belgien und Holland geltend.

Das Absetzen der Niete gegenüber der Grundfarbe der Konstruktion ist das nächstliegende malerische Mittel und von bedeutendem Erfolg, der in dem Gegensatz der Summierung kleiner Punkte zur breiten Fläche besteht. Aber auch sonst könnten Einzelteile wie Knotenpunkte kontrastierend zum Übrigen hervorgehoben werden.

Daß es sich bei allem nur um derbe Formen handeln kann, liegt auf der Hand, ganz abgesehen vom Maßstabe auch aus dem Grunde, weil dieser Anstrich regelmäßig wiederholt werden muß. Zum Schmuck weniger umfangreicher feinerer Teile aber läßt sich auf geschliffene und hoch polierte Verzinkung sowie die wundervollen perlmutterartigen Wirkungen durch Verzinnen, Polieren und Beizen verwenden und schließlich die galvanische Bronzierung und Vergoldung.

GESAMTERGEBNIS.

Werfen wir zum Schluß einen Rückblick über die Einwirkung des Eisens als Baustoff auf die Baukunst, so ergeben sich folgende grundsätzliche Punkte:

1) *Die Umwertung von Kraft und Masse.* Rechnungsmäßige Feststellung gestattet es, das statisch mögliche Minimum an Material für eine Konstruktion zu ermitteln, an Material, welches bisher unerhörte Widerstandskräfte aufweist. Die angreifenden Kräfte werden in rationeller Weise in Zug- und Druckkräfte zerlegt berechnet und von entsprechend geformten Querschnitten aufgenommen. Es entsteht eine Verspannung, ein Ausgleich der Kräfte. Das Ergebnis ist Festigkeit ohne Massen.

2) Die *Umwertung der Raumgrenzen.* Die Mauermassen schwinden zu dünnen Grenzflächen zusammen. Der Hohlraum wirkt innen nicht mehr durch Wand und Wölbungen, sondern allein durch sich selbst, ebenso kommt er im Äußeren unvermittelt zum Ausdruck.

3) *Umwertung von Licht und Schatten.* Neue Zwecke fordern größte Lichtmenge. Es entsteht das Glasdach, mit ihm die Helligkeit ohne Kontrast, das Freilicht mit seinem Mangel an plastischer Bestimmtheit der Form, dem Mangel an malerischer Unbestimmtheit.

4) Mehr als bei den übrigen Baustoffen wird zur Trägerin der wirksamen Form die Konstruktion mit der aufdringlichen Logik ihrer Stabsysteme, welche statt geschlossener Massen *die Linie* zum Wesentlichen machen. Die große Kurve der Binder, die Dreiecksversteifung der Gurtungen in ihrer rhythmischen Wiederkehr bilden die wichtigsten Faktoren der ästhetischen Durchbildung.

5) Bei der Eigenart seiner neuartigen Konstruktionen *können Formen früherer Stilperioden dem Eisen nicht mehr genügen,* zumal dieselben ihre Entstehung anderen Baustoffen mit abweichenden struktiven Eigenschaften verdanken.

Das Eisen braucht Formen, welche aus seinen eigenen Walzprofilen geschaffen und gleichfalls maschinell behandelt worden sind. Neuzeitliche Formen werden, je weniger sie bestimmte historische Begriffe aufkommen lassen, um so ungestörter diese Ziele anstreben können.

6) Die neuen Eisenaufgaben haben ein Anrecht auf die Kunst mehr fast als alle übrigen Bauwerke, da ihre ungeheuren Dimensionen zu den *monumentalsten* Werken der *Gegenwart* gehören, sich als Verkehrszentren gerade am eindrucksvollsten geltend machen und unbestreitbar einen *Stimmungsgehalt* besitzen, der mit den Bildern des modernen Lebens untrennbar verbunden ist.

NAMEN- UND ORTSVERZEICHNIS.

Alberti 14. 32 ff. 74.
Ampère 42.
Amsterdam, Café de Croon 180.
— Güterbörse 173. 175.
— Neuer Bahnhof 146.
Ango 20.
Antwerpen, Alte Börse, Hof 126 f. 162.
— Bahnhöfe 121 Anm. 167. 174.
— Eisenbahn-Viadukt des Hauptbahnhofs 167. 174.
Archimedes 30.
Archytas von Tarent 30.
Aristoteles 30.
Athen, Sternwarte, Kuppel 125.

Balat 131.
Baltard 117. 134.
Barcelona, Ausstellung (1888), Pyramidengerüst 86.
Barlow 71. 121.
Bélidor 37.
Bellanger 39.
Berlage 175. 180.
Berlin, Anhalter Bahnhof 122 Anm. 146.
— Bauakademie 112.
— Börse, Hauptsaal 113. 161 f.
— Gasanstalten, Retortenhäuser 77 Anm. 121 Anm. 127 Anm.
— Hochbahn, elektrische 176. 179.
— Hygiene-Ausstellung (1883), Halle 136 Anm.
— Kunstgewerbe-Museum, Glasdecke 151.
— Lehrter Bahnhof 122 Anm. 146.
— Neues Museum 111 f. 148 Anm. 160 f. 166 Anm.
— Neue Synagoge, Kuppel 128.
— Ostbahnhof 121 Anm.
— Reichstagsgebäude, Kuppel, 129.
— Stadtbahn 122 Anm. 164.
— Sternwarte, Drehkuppel 125.
Bernoully 38.
Betaucourt 71 Anm.
Blondel 36 Anm.
Boerhave 56.
Boeswilwald 117.
Bossut 37.
Bötticher 112.
Bouvard 129.
Bramante 31.
Brescia, Sa. Maria dei Miracoli 115.
Brosely, Ironbridge bei 17 f.
Brunelleschi 14. 34.
Brunet 39.
Brüssel, Ausstellung (1888), Turm 86.
— Gare du midi 176.
— Justizpalast, Kuppel 129.
— Maison du Peuple 171.
— Wintergarten des Schlosses Laeken bei 131 ff. 176.
— Wohnhäuser 172.
Bruyère 20. a. Anm. 101.
Bucher 67.
Buildwas, Brücke bei 18 Anm.

Castigliano 42.
Cesariano 31.
Chartres, Kathedrale 71 Anm.
Chatsworth, Conservatory 58 f.
Chicago, Kunstpalast (1893) 72. 136.
Clapeyron 40. 41. 42.
Coalbrookdale, Brücke bei 18 Anm.
— Eisenwerke 17. 18.
Cockerell 58.
Columbia, Weltausstellung, Eisenhalle 122.
Contamin 72.
Cordova, Moschee 63.
Corroyer 151.
Coulomb 37.
Cousinery 41.
Cremona 40. 41.
Culmann 40. 41.

Dadizeele, Kirchturm 91 Anm. 174 f. 177.
Dahlem bei Berlin. Gewächshaus 58 Anm.
Danzig, Remter der Marienburg bei 115.
Darly 17.
Darmstadt, Exerzierhaus 71.

Datus, Nomius 30 Anm.
Deaune 118.
Deck 155.
Deglaue 137.
De la Hire 37.
De l'Orme 35. 39. 71.
Désagulier 16 Anm.
Dion 136 Anm.
Dirschau, alte und neue Weichselbrücke 107.
Dresden, Ausstellungshalle (1898) 136 Anm.
— Hauptbahnhof 123. 152.
Duban 116.
Duc 116.
Dutert 72. 78.

Eddystone, Leuchtturm 17.
Edinburgh, Forth-Brücke 27. 90. 106. 171. 177.
Eggert 122.
Eiffel 81 f. 84.
Etzel 72 Anm.
Euler 36.

Fabri 36 Anm.
Fagon 56.
Filarete 135.
Fischer v. Erlach 70 Anm. 71.
Florenz, Baptisterium 14.
— Domkuppel 14. 35.
— Pazzikapelle 155 Anm.
— S. Miniato, Kapelle des Kardinals von Portugal 155 Anm.
Fontaine 116.
Föppl 128.
Fordon, Weichselbrücke 107.
Förster 72 Anm.
Fox, Henderson u. Co. 60.
Frankfurt a. M., Centralbahnhof 122 f. 146 f. 176. 177. 181.
— Palmgarten 173.
Fresier 37.

Galilei 36.
Garabit, Viadukt 84.
Garrin 16.
Gautier 37. 123.
Gerstner 38.
Gilly 39 Anm.
Girault 137.
Glasgow, St. Enoch-Bahnhof 122 Anm.
Glaukos v. Chios 83.
Grandi 36 Anm.
Gropius 151.
Großhesselohe, Isarbrücke 106.
Grubenmann 97.

Halle, Ausstellungshalle und Empfangsgebäude (1890) 136 Anm.
Hampshire, Conservatory at the Grange 57 f.
Hardy 136 Anm.
Helfenrieder 38.
Henneberg 128.
Hennebique 86.
Hitzig 113.
Hooke 36.
Horta 171.

Jacobsthal 107.
Joly 22.
Jones, Burne 150.
— Owen 68.

Kairo, Omarmoschee 14 Anm.
Kingtung, Kettenbrücke bei 15.
Kircher 15.
Knoblauch 128.
Köln, Centralbahnhof 122.
— Dom 74.
Konstantinopel, Sophienkirche 14 Anm. 73. 75.
Körner 58 Anm.

Laasan, Brücke bei 18 f.
Labarre 20.
Labrouste 113. 114. 116. 154.
Laeken, Wintergarten 131 ff. 176.
Lafri 15.
Lagrange 41.
Lamé 41.
Lamour 14.
Lapierre 86.
Lassus 116.
Laves 100.
Leibnitz 38. 40.
Leupold 37.
Lionardo da Vinci 32. 34. 37.
Liverpool, Aussichtsturm bei 91.
— Centralbahnhof 122 Anm.
— Limestreet-Bahnhof 71. 72.
London, Kristallpalast 53. 59—68. 71. 77. 111. 118 f. 163 s. a. Sydenham.
— Olympiasaal 164.
— Paddington-Bahnhof 121 Anm.
— St. Pancraz-Bahnhof 71. 72. 75. 121 f. 121 Anm.
— Weltausstellung (1862), Kuppeln 125.
Louvet 137.
Lucae 64.
Lüttich, Bahnhof 121 Anm.
Lyon, Brücke Garrin's 16.
— Industrie-Ausstellung (1894), Halle 133 f.

Mailand, Dom 31.
— großes Hospital 135.
Mainz, Dom 71 Anm.
Mansard 97.
Mantua, S. Andrea 74.
Marcellis 126. 127.
Marchetti 36 Anm.
Mariotte 36.
Masny, Kirche 117.
Maxwell 41.
Mehrtens 96.
Memphis, Cheopspyramide bei 84 f. 91 f.
Menaistraße, Britanniabrücke über die 24.
Möbius 41.
Mohr, 41. 128.
Moller 71 Anm.
Monge 41.
Monier 148.
Morris 150.
Moskau, Exerzierhaus 71.
Müller-Breslau 41. 42. 107. 129.
Müngsten, Brücke bei 27. 171.
Mykenae, Schatzhaus des Atreus 65.

Nancy, Gitter an der Place Stanislaus 14.
Navier 39 f.
Nehou 55.
Neumann 56.
Nève 86.
New Brighton, Aussichtsturm 91.
Newton, 36. 40. 41.
New-York, alte und neue East River-Brücke 103 Anm.
— Brücke über den Harlem River bei 77 Anm.
Nieder-Schönweide, Brücke 107.
Niederwald, Nationaldenkmal 87.
Nîmes, Pont du Gard 27.

Oporto, s. Porto.
Ordish 121.
Oxford, New College 150.
— New Museum Halle 118.

Padua, Eremitanikirche 70 Anm.
— Pallazzo della Ragione, Salone 70. 76.
Palladio 3. 20. 35.
Parent 37.
Paris, Bibliothèque nationale 114 ff. 115. 154. 163. 176.
— Bibliothèque Ste. Geneviève 113 f. 148 Anm. 162.
— Börse, Dachstuhl 20.
— Comptoir d'Escompte, Glasdecke 151.
— Eiffelturm 81—94. 111.
— Gare d'Orléans 123. 146.
— Halle au blé 39. 71. 125.
— Halles centrales 39 Anm. 117. 134 f. 173.
— Jardin des Plantes, Gewächshäuser 56.
— Louvre 15. 20. 74.
— Notre Dame 116.
— Panthéon s. Ste. Geneviève.
— Pont d'Austerlitz 20.
— — du Louvre 20.
— Salle (anc.) des Députés, Kuppel 148 Anm.
— St. Augustin 117.
— Ste. Chapelle 65 f. 116.
— Ste. Geneviève 15. 38. 116, s. a. Bibliothèque.
— Théâtre français, Dachstuhl 20.
— Weltaustellung 1855. Palais de l'Industrie 135. 136. 138. 163 f.
— 1867. Galerie des machines 174.
— 1878. Vestibule d'Jéna 135 f. 155.
— 1889. Dôme centrale 78. 129. 136 Anm., Palais des machines 72—79. 90. 111. 118 f. 122. 152. 167.
— 1900. Eiffelturm 81—94. 111, Festsaal, eingebaut in die Maschinenhalle 152, Glashallen von Gautier 123 ff., Grand palais des beaux arts 136 ff. 139, Treppe 180.
Pauli 45. 100.
Paxton 59. 60 ff.
Payne 19.
Percier 116.
Peronnet 38.
Perrault 15.
Petersburg, Kettenbrücke 41.
— Winterpalais 21 Anm.
Poinsot 41.
Poncelet 41.
Portage-Talbrücke 27.
Porto, Duoro-Brücke 84.
Potsdam, Nikolaikirche 125. 126.
Prag, Kettenbrücke 103 Anm.
Proell 136 Anm.

Raulin 152.
Reuleaux 97. 104.
Ritter 42. 44.
Rom, Basiliken 76.
— Il Gesù 74.
— Kaiserpaläste 73. 75. 76.
— Peterskuppel 14. 35.
— Tempel der Fortuna Seïa 56.
— Thermen 73. 75.
Rondelet 39.
Roubo 39. 41 Anm.
Rouen, Kathedrale 71 Anm.

D 357

Saint Venant 40.
Sauvestre 90.
Scharowsky 136 Anm.
Schinkel 111. 116. 125.
Schönbrunn, Gewächshäuser 56.
Schwechten 122 Anm. 146.
Schwedler 45. 77 Anm. 100. 121 a. Anm. 127.
Semper 12. 83. 89. 140.
Sion House, Gewächshaus 57.
Smeaton 16 f.
Soufflot 15. 38.
St. Denis, Fußgängerbrücke bei 20. 102.
Stephenson 24.
Stevinus 40.
Stüler 107. 111. 160.
Sunderland, Wearbrücke bei 19.
Sydenham, Kristallpalast 67 f. 134.

Telford 18 Anm.
Thomas 137.
Tiffany 153.
Trevithich 87.

Ulm, Münster 84 f.

Van de Velde 4. 170.
Varignon 40. 41.
Vaudoyer 116.
Venedig, Markuskirche, Kuppel 14. Flaggenstangen 116.
— S. Giacomo in Orio 70 Anm.
— Cap. S. Giovanni in S. Giobbe 155 Anm.
— S. Stefano 70 Anm.
Verantius 15. 16. 98. 99.
Verona, S. Fermo Maggiore 70 Anm.
Versailles, Spiegelgalerie 66. 74.
Viel 38. 39. 41.
Vierendeel 3. 4 Anm. 78. 91 Anm. 174.
Vieta 37.
Vignola 35. 74.
Viollet-le-Duc 116.
Vitruv 3. 29. 30.

Wallot 129.
Washington, Obelisk 84 f.
Wearmouth, Brücke 19.
Wien, Dianabad 72 Anm.
— Reitschule 71.
— Weltausstellung (1873), Rotunde 129 ff.
Wilkinson 17.
Wilson 19.
Woodward 118.
Würzburg, Schloß, Treppenhaus 70 Anm.

Zimmermann 129.

VERZEICHNIS DER ABBILDUNGEN.

1. Im Text.

Seite

1. Chinesische Kettenbrücke bei der Stadt Kingtung 16
2. Ironbridge über den Severn 17
3. Ironbridge über den Severn 17
4. Brücke über das Striegauer Wasser bei Laasan 18
5. Brücke über den Wearfluß zu Wearmouth bei Sunderland 19
6. Fußgängerbrücke über den Crou bei St. Denis 20
7. Holzbrücke von Palladio 20
8. Profileisen 22
9. Vernietete Konstruktionen 23
10. Stephensons „Britanniabrücke“ über die Menaistraße 24
11. Paralleltträger, Polygonalträger, Bogenträger 25
12. Brücke über den Firth of Forth bei Edinburgh 26
13. Conservatory of the Grange 57
14. Conservatory of the Duke of Devonshire zu Chatsworth 58
15. Detail vom Dach des Conservatory of the Duke of Devonshire zu Chatsworth 58
16. Paxton's Kristallpalast der Great Exhibition of the Works of Industry of all Nations . . . 61
17. Tonnengewölbe von Paxton's Kristallpalast 62
18. Hallenbau der Pariser Maschinenhalle auf der Ausstellung von 1889 72
19. Schemel (Nach Semper, Der Stil) 83
20. Washington-Obelisk, Eiffelturm, Münster in Ulm 85
21. Dampfhammer 88
22. Kirchturm in Dadizeele 91
23. Unterer Teil des Kirchturmes in Dadizeele 92
24. Gitternetz 97
25. Dreiecksverband 98
26—27. Querverband 98
28—31. Verschiedene Brückenkonstruktionen 99
32—34. Verschiedene Brückenkonstruktionen 100
35—40. Verschiedene Brückenkonstruktionen 101
41—43. Verschiedene Brückenkonstruktionen 102
44—46. Versteifte Bögen 103
47—48. Versteifte Fahrbahn 104
49. Zwickel-Versteifung 104
50. Gußeiserne Säule und Bogenbinder von Stüler (Neues Museum, Berlin) 112
51. Säule mit tellerartigen Kuppeln (Neues Museum, Berlin) 113
52. Grundriß von Sa. Maria dei Miracoli in Brescia 115
53. Säulenkapitäl aus der Dorfkirche in Masny 117
54. Spitzbogenhalle der St. Pancras-Station in London 121
55. Glashalle nahe der Invalidenbrücke in Paris 124
56. Hof der Alten Börse in Antwerpen 126

Seite

57. Kuppel der Neuen Synagoge in Berlin 128
58. Rotunde der Wiener Weltausstellung von 1873 130
59. Wintergarten auf Schloß Laeken 131
60. Durchschnitt des Wintergartens auf Schloß Laeken 132
61. Eisenhalle der Pariser Weltausstellung von 1878 (Vestibule d'Jéna) 134
62. Schnitt durch die Eisenhalle der Pariser Weltausstellung von 1878 135
63. Kunstpalast auf der Weltausstellung in Chicago 1893 136
64. Kunstpalast auf der Weltausstellung in Chicago 1893 137
65. Glasdecke über dem Comptoir d'Escompte in Paris 151
66. Perspektivischer Durchschnitt durch ein Hängewerk im Neuen Museum zu Berlin 160
67. Gußeisenträger der Bibliothèque Ste. Geneviève in Paris 161
68. Eisenträger der Bibliothèque Nationale in Paris 162
69. Säule aus dem Olympiasaal in London 163
70. Stütze der Berliner Stadtbahn 163
71—72. Stützen der Berliner Stadtbahn 164
73—74. Stützen der Berliner Hochbahn 165
75. Fußpunkt einer Berliner Hochbahnstütze 166
76. Walzenlager 167
77. Walzenlager am Palais des machines in Paris 167
78. Dreigelenkträger der Brücke am Hauptbahnhof zu Antwerpen 168
79. Scheitelpunkt eines Dreigelenkträgers 169
80. Balkon mit Gußsäulen in Brüssel 169
81. Blechträger von den Halles Centrales in Paris 172
82. Palmgarten in Frankfurt a. M. 173
83. Blechträger vom Palmgarten in Frankfurt a. M. 174
84. Galerie des machines zu Paris (1867) 175
85. Hohlbalken von der Galerie des machines zu Paris (1867) 176
86—87. Stützen der Berliner Hochbahn 177
88. Turmhelm von Dadizeele 178
89. Gare du midi in Brüssel 179
90. Bandeisenornament vom Wintergarten zu Laeken 179
91. Teil vom »Schlesischen Tor« der Berliner Hochbahn 180
92. Bahnhof der Berliner Hochbahn: »Hallesches Tor« 181
93 a—f. Bogensprengung und Stützenkapitäle 182

2. Tafeln.

I. Brücke über den Firth of Forth bei Edinburgh 27
II. Pont du Gard bei Nîmes. Portage-Talbrücke der Erie-Eisenbahn. Talbrücke bei Müngsten 27
III. Halle des St. Pankraz-Bahnhofes in London 71
IV. Pariser Maschinenhalle auf der Ausstellung von 1889 73
V. Der Eiffelturm zu Paris 82
VI. Isarbrücke zu Großhesselohe. Neue und alte Weichselbrücke bei Dirschau . . . . 106 u. 107
VII. Weichselbrücke zu Fordon 107
VIII. Müller-Breslaus Bogenbrücke in Nieder-Schönweide bei Berlin 107
IX. Lesesaal der Bibliothèque Ste. Geneviève in Paris 113
X. Lesesaal der Bibliothèque Nationale in Paris 114
XI. Inneres der Kirche St. Augustin in Paris 117
XII. Fünfschiffige Halle im New Museum in Oxford 118
XIII. Halle des Centralbahnhofes in Frankfurt a. M. 122
XIV. Halle des Altstädter Hauptbahnhofes in Dresden 123
XV. Pfeiler vom Hauptbahnhof in Antwerpen 167
XVI. Maison du Peuple in Brüssel 171

Seite

XVII. Café des Maison du Peuple in Brüssel 172
XVIII. Hochbahnviadukt in der Gitschinerstraße in Berlin 172
XIX. Güterbörse in Amsterdam 173
XX. Hauptbahnhof in Antwerpen 174
XXI. Börse in Amsterdam 175
XXII. Aufgang zum Bahnhof »Hallesches Tor« in Berlin 176
XXIII. Theatersaal im Maison du Peuple in Brüssel 177
XXIV. Hochbahnpfeiler und Geländer zwischen Potsdamer- und Frobenstraße in Berlin . . . 178
XXV. Fußweg unter der Hochbahn von der Ziethen- bis zur Potsdamerstraße in Berlin . . . 178
XXVI. Café de Croon in Amsterdam 180
XXVII. Treppe im Grand Palais der Pariser Weltausstellung 180

III
Fig 1 — XI
3 — XII
18 —
20 — XVI
54 — XVIII
84 — XXII
67 —

DATE DUE

AUG 26 1984		JUN 01 1998	
OCT 21 1986			
FEB 01 1989			
OCT 24 1989			
NOV 23 1990			
JAN 07 1997			

DEMCO 38-297

NA 4135 M575
Eisenbauten, Ihre Geschichte und Ae
Loeb Design Library AP162301
3 2044 027 232 628

Meyer, Alfred
Gotthold.

Eisenbauten.
1907

NA
4135
M575

33124